
BACHELORARBEIT

Frau
Lea Kießling

**Analyse bestehender Softwa-
remodule im Rahmen des
betrieblichen Energiemanage-
ments und Bewertung des In-
tegrationsgrads des PDCA-
Zyklus'**

2017

BACHELORARBEIT

Thema der Bachelorarbeit

Autor/in:

Frau Lea Kießling

Studiengang:

Energie- und Umweltmanagement

Seminargruppe:

EU13w1-b

Erstprüfer:

Prof. Bert Schusser, M.Sc.

Zweitprüfer:

Christina Hesse, M.Eng.

Einreichung:

Mittweida, 05.09.2017

BACHELOR THESIS

Topic of thesis

author:

Ms. Lea Kießling

course of studies:

Energy and Environmental Management

seminar group:

EU13w1-b

first examiner:

Prof. Bert Schusser, M.Sc.

second examiner:

Christina Hesse, M.Eng.

submission:

Mittweida, 05-09-2017

Bibliografische Angaben

Kießling, Lea:

Analyse bestehender Softwaremodule im Rahmen des betrieblichen Energiemanagements und Bewertung des Integrationsgrads des PDCA-Zyklus'

Analysis of existing software modules within the scope of operational energy management and assessment of the degree of integration of the PDCA cycle

91 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Bachelorarbeit, 2017

Abstract

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden Softwarefunktionalitäten systematisch erarbeitet, die die Umsetzung des PDCA-Zyklus' im Rahmen betrieblicher Energiemanagementsysteme nach DIN EN ISO 50001 unterstützen sollen. Bestehende Softwareprodukte aus dem Bereich Energiemanagementsysteme werden hinsichtlich der Bereitstellung der erarbeiteten Werkzeuge bewertet.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Aufbau der Arbeit	2
1.3 Begriffliche Abgrenzung	3
2 Einführung in das betriebliche Energiemanagement	4
2.1 Ziele des betrieblichen Energiemanagements.....	4
2.2 Motive für die Einführung eines betrieblichen Energiemanagements.....	5
2.2.1 Politische Rahmenbedingungen.....	5
2.2.2 Ökonomische Motive.....	9
2.2.3 Ökologische Motive.....	10
2.3 Energiemanagementsysteme als organisatorische Methode zur Steigerung der Energieeffizienz	11
2.4 Managementfunktion im Energiemanagement	13
2.5 Strategische Steuerung des Energiemanagements.....	14
2.6 Organisation des Energiemanagements	15
2.7 Unterstützende Instrumente des Energiemanagements	16
2.7.1 Energiemonitoring	17
2.7.2 Energiecontrolling	17
3 Das Energiemanagementsystem nach der ISO 50001	19
3.1 Einführung in die ISO 50001	19
3.1.1 Normstruktur	20
3.2 Der normative Rahmen eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001	21
3.2.1 Managementverantwortung.....	21
3.2.2 Energiepolitik	22
3.3 Die Ausgestaltung des PDCA-Zyklus im Energiemanagement.....	23
3.3.1 PLAN	24

3.3.2	DO	30
3.3.3	CHECK	34
3.3.4	ACT	36
3.4	Prozesslandkarte eines Energiemanagementsystems	38
3.5	Energiemanagementsystem-Handbuch	40
3.6	Herausforderungen bei der Umsetzung eines Energiemanagementsystems 42	
4	Einsatz von Softwaresystemen im Energiemanagement	45
4.1	Stand der Technik und Marktüberblick	47
4.1.1	Abgrenzung verschiedener Softwaresysteme	47
4.1.2	Technische Infrastruktur.....	48
4.1.3	Marktüberblick.....	49
4.1.4	Marktspiegel	50
4.2	Wertbeitrag von Software für Managementsysteme	51
4.2.1	Steigerung der Effektivität durch EnMS-Software.....	52
4.2.2	Steigerung der Effizienz durch EnMS-Software.....	52
4.3	Grundlegende Systemanforderungen.....	53
4.3.1	Anforderungen nach ISO 50001	54
4.3.2	Mindestanforderungen für die Förderfähigkeit von Softwaresystemen.....	55
4.3.3	Nützliche Zusatztools	56
4.4	Auswahl einer geeigneten EnMS-Software	57
4.5	Einführung einer EnMS-Software	58
5	Ermittlung von Softwarewerkzeugen zur Unterstützung der Prozesse der ISO 50001 und Bewertung verfügbarer Softwareprodukte auf dem Markt.....	60
5.1	Mögliche Software-Funktionen für die Realisierung des PDCA-Zyklus in der Literatur.....	60
5.2	Ausarbeitung möglicher Softwarefunktionen	62
5.2.1	Planungswerkzeuge.....	62
5.2.2	Umsetzungswerkzeuge.....	70
5.2.3	Überprüfungswerkzeuge	75
5.2.4	Kontrollwerkzeuge für das Management	82
5.3	Ausarbeitung des Kriterienkatalogs und Bewertung	84
6	Schlussbetrachtungen.....	89
6.1	Auswertung der Bewertungsergebnisse	89
6.2	Fazit und Ausblick	90

Literaturverzeichnis	VIII
Anlagen	XX
Anlage A: Zusammenfassung potenzieller Software-Werkzeuge zur Erfüllung der Anforderungen der ISO 50001	XX
Eigenständigkeitserklärung	XXVIII

Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BesAR	Besondere Ausgleichsregelung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
DIN	Deutsches Institut für Normung
EC	European Commission (deutsch: Europäische Kommission)
EDL-G	Energiedienstleistungsgesetz
EED	Energy Efficiency Directive (deutsch: Energieeffizienzrichtlinie)
EEG	Erneuerbare- Energien- Gesetz
EM	Energiemanagement
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EN	Europäische Norm
EnergieStG	Energiesteuergesetz
EnMS	Energiemanagementsystem
EnMS- Software	Software für Energiemanagementsysteme EU – Europäische Union
EnPI	Energieleistungskennzahl
ERP	Enterprise Resource Planning
EVU	Energieversorgungsunternehmen
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

MES	Manufacturing Execution System
NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
NEEAP	Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan
Nicht-KMU	Unternehmen, die nicht unter die europäische Definition kleiner und mittelständischer Unternehmen fallen
PDCA	PLAN-DO-CHECK-ACT
SpaEfV	Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung
StromStG	Stromsteuergesetz
UBA	Umweltbundesamt
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise	3
Abbildung 2: Die Managementfunktionen im Energiemanagement, angelehnt an [46]	14
Abbildung 3: Beispielorganigramm für die Zusammensetzung eines Energieteams	16
Abbildung 4: Instrumente des Energiemanagements	17
Abbildung 5: Energiemanagementsysteme nach ISO 50001 [1].....	21
Abbildung 6: Der PDCA-Zyklus mit Anforderungen aus der ISO 50001	24
Abbildung 7: Anforderungen an den Energieplanungsprozess mit Beispielen für die praktische Umsetzung	25
Abbildung 8: Visuelle Darstellung des Prozesses der energetischen Bewertung	28
Abbildung 9: Anforderungen an die Einführungs- und Umsetzungsphase mit Beispielen für die praktische Umsetzung	31
Abbildung 10: Anforderungen an die Überprüfungsphase mit Beispielen für die praktische Umsetzung	34
Abbildung 11: Anforderungen an die Weiterführungsphase mit Beispielen für die praktische Umsetzung	37
Abbildung 12: Prozesslandschaft von Energiemanagementsystemen	39
Abbildung 13: Technische Infrastruktur einer EnMS-Software	48
Abbildung 14: Einführungsprozess einer Software, angelehnt an [79]	59
Abbildung 15: Softwarefunktionen für die Realisierung des PDCA-Zyklus, angelehnt an [40]	61
Abbildung 16: Beispiel einer Balanced Scorecard im Rahmen der Verwaltung von Energiezielen	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesetzlich verankerte Anreize der Bundesregierung zur Einführung von Energiemanagementsystemen	8
Tabelle 2: Mögliche inhaltliche Gestaltung eines EnMS-Handbuchs	41
Tabelle 3: Herausforderungen im Rahmen eines Energiemanagementsystems	44
Tabelle 4: Mindestanforderungen für die Förderfähigkeit von EnMS-Software nach [88]	56
Tabelle 5: Liste der bewerteten Softwareprodukte und Anbieter	85
Tabelle 6: Bewertungsschema	85
Tabelle 7: Gesamtübersicht der Anforderungen und ausgewählter Software-Lösungen	88
Tabelle 8: Zusammenfassung potenzieller Software-Werkzeuge zur Erfüllung der Anforderungen der ISO 50001	XXVII

1 Einleitung

Die globale Erderwärmung, steigende Energie- und Rohstoffpreise, energie- und klimapolitische Rahmenbedingungen, volatile Energiemärkte und heterogen verteilte Energieressourcen, veränderte gesellschaftliche Interessen und ein wachsendes Umweltbewusstsein, führen Unternehmen zunehmend dazu, sich mit einem effizienten und verantwortungsvollen Umgang mit der Ressource Energie auseinanderzusetzen. Sie stehen vor der Aufgabe ihre Energieperformance nachhaltig zu verbessern, um international wettbewerbsfähig zu bleiben, ihre Produktivität aufrechtzuerhalten und Kostenrisiken gering zu halten. Um dem Rechnung zu tragen bedarf es seitens von Entscheidungsträgern einerseits ein Umdenken in der Unternehmenspolitik und andererseits eine Weiter- und Neuentwicklung von Instrumenten, anhand derer sich die Unternehmen intensiv mit ihrer Energienutzung und den Möglichkeiten für die Verbesserung der energiebezogenen Leistung auseinandersetzen sollen. Eine Hilfestellung für die Steigerung der Energieeffizienz und die Realisierung umfangreicher Energieeinsparmaßnahmen bietet die Implementierung eines Energiemanagementsystems, das sich mit der systematischen Analyse von Energieverbräuchen eines Unternehmens zum Ziele seiner energetischen Verbesserung befasst. Die konkrete Umsetzung eines Energiemanagementsystems kann in Verbindung mit der Norm DIN EN ISO 50001:2011 stattfinden. Hier ist die Durchführung mehrerer Prozesse festgelegt, die entlang eines Plan-Do-Check-Act-Zyklus erfolgen und im Rahmen des Tagesgeschäfts von Unternehmen Anwendung finden sollen. Durch die Nutzung der Norm werden Unternehmen dazu geleitet, Schlussfolgerungen über Handlungsmöglichkeiten für energetische Verbesserungen zu treffen, auf dieser Grundlage Maßnahmen zu planen und umzusetzen und im Anschluss daran deren Ergebnisse zu überprüfen und Weiterentwicklungen vorzunehmen.

1.1 Motivation

Die zentralen Herausforderungen für ein funktionierendes Energiemanagementsystem bestehen dabei besonders darin, die energetischen Zusammenhänge eines Unternehmens abzubilden, wesentliche Informationen bereitzustellen und richtig zu interpretieren, um die richtigen Entscheidungen zu treffen. Durch die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik in Managementsystemen, können diese weitaus effizienter und effektiver betrieben werden. Speziell entwickelte Softwaresysteme liefern Unternehmen daher eine geeignete informationstechnische Unterstützung, ihr Energiemanagementsystem erfolgreich zu betreiben. Sie dienen dazu, die Herausforderungen, die in diesem Rahmen entstehen, besser zu bewältigen und relevante Informationen am richtigen Ort und zum richtigen Zeitpunkt bereitzustellen. Unternehmen stehen bei der Beschaffung

softwarebasierter Hilfsmittel vor der Entscheidung, welches Softwareprodukt zur Unterstützung herangezogen werden soll. Am Markt sind einige Anbieter in diesem Bereich tätig, deren Produkte viele unterschiedliche Funktionen enthalten. Es existieren Marktspiegel, anhand derer sich Unternehmen einen Überblick über das Leistungsspektrum der Anbieter verschaffen können. Dabei fehlt jedoch einerseits die Inbezugnahme der Funktionen auf die inhaltlichen Anforderungen der ISO 50001 und andererseits eine Abbildung des Nutzens der jeweiligen Funktionalität für die Prozesse, die im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses eines Energiemanagementsystems durchgeführt werden müssen. Mit der vorliegenden Arbeit soll ebendiese Lücke geschlossen werden. Ziel dieser Arbeit ist es, ein Bewertungsschema zu entwickeln, mit dem Energiemanagementsystem-Softwarelösungen hinsichtlich ihres Nutzens bewertet werden können.

Im Fokus steht die Untersuchung des Status quo von Softwaresystemen und der Herausarbeitung möglicher Werkzeuge einer Software, die den Anforderungen eines Energiemanagementsystems ganzheitlich gerecht wird und zu einem effektiven Betrieb dessen beiträgt. Der inhaltliche Schwerpunkt ist dabei die ISO 50001 und der dort integrierten PDCA-Zyklus. Die Arbeit folgt dem Ansatz, zunächst Werkzeuge existierender Softwaresysteme mittels einer Internetrecherche zu generieren. Die bereits vorhandenen Softwarefunktionen dienen der Erhebung einer Datenbasis zur Ableitung weiterer Werkzeuge. So fließen Erkenntnisse aus der Praxis in einen theoretisch erstellten Kriterienkatalog. In diesem findet eine detaillierte Zuordnung der herausgearbeiteten Werkzeuge zu den durchzuführenden Prozessen des PDCA-Zyklus statt. Er dient der Beurteilung einer bestimmten Anzahl von Softwareprodukten hinsichtlich der Bereitstellung der zuvor ermittelten Funktionalitäten und des Integrationsgrades des PDCA-Zyklus.

1.2 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit wird in fünf Schritte untergliedert. Ausgangspunkt der Arbeit ist eine Einführung in das Thema des Energiemanagements. Im zweiten Schritt werden die Anforderungen an Energiemanagementsysteme ausgehend von der DIN EN ISO 50001 identifiziert und systematisch dargestellt. Der dritte Schritt der Arbeit umfasst einerseits eine Untersuchung des Nutzens einer Energiemanagementsystem-Softwarelösung für die Umsetzung des Managementsystems und andererseits eine Zusammenfassung technischer sowie organisatorischer Grundlagen dieses Bereichs. Im vierten Schritt der Arbeit werden sowohl vorhandene als auch potenzielle Werkzeuge von Energiemanagementsystem-Softwarelösungen herausgearbeitet und nach den Normanforderungen kategorisiert und dargestellt. Die Herleitung potenzieller Softwarewerkzeuge erfolgt auf

Basis der im zweiten Schritt der Arbeit identifizierten Anforderungen an Energiemanagementsysteme, als auch auf Basis einer Literatur- und Internetrecherche. Für die Herausarbeitung vorhandener Werkzeuge hingegen werden einige Energiemanagementsystem-Softwarelösungen als Datengrundlage herangezogen. Der fünfte und letzte Schritt der Arbeit umfasst die kriterienbasierte Analyse von 20 vorhandenen Softwarelösungen hinsichtlich ihres Grades der Erfüllung der Anforderungen der DIN EN ISO 50001. Im Rahmen des Fazits werden die Ergebnisse abschließend diskutiert und die Potenzialfelder zusammengefasst dargestellt.

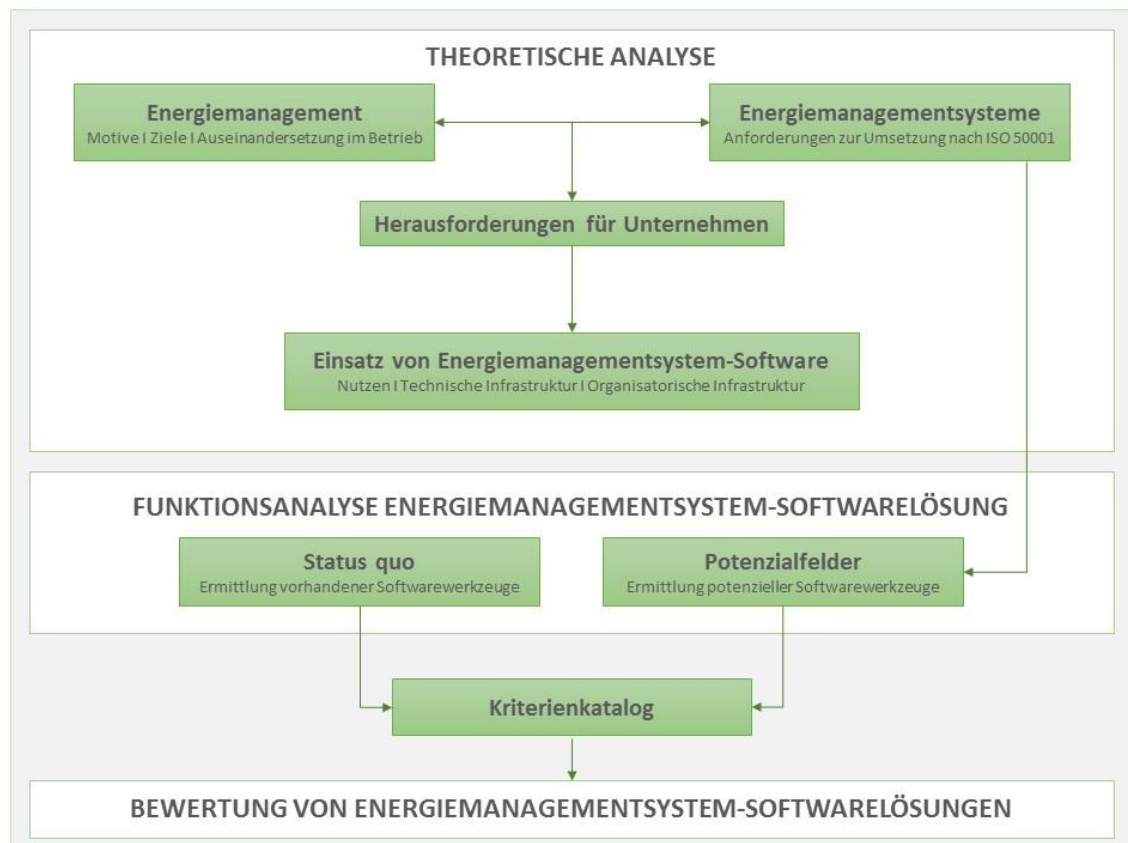


Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise

1.3 Begriffliche Abgrenzung

Gegenstand der Arbeit sind Softwaresysteme für Energiemanagementsysteme. Ist hier die Rede von Energiemanagement, so ist damit das betriebliche Energiemanagement gemeint. Eine Definition dessen ist im Kapitel 2 verankert. Für die Begrifflichkeit "Energie" wird die Definition der DIN EN ISO 50001 verwendet. Hierunter fallen "Elektrizität, Brennstoffe, Dampf, Wärme, Druckluft und vergleichbare Medien", sowohl erzeugt oder zurückgewonnen aus konventionellen als auch aus erneuerbaren Energiequellen, und eingesetzt in Einrichtungen und Prozessen innerhalb von Organisationen [1].

2 Einführung in das betriebliche Energiemanagement

Dieses Kapitel dient der Einführung in das Thema des betrieblichen Energiemanagements (EM). Dafür werden zunächst die grundlegenden Ziele des Energiemanagements, die für Unternehmen treibenden Motive sowie politische Rahmenbedingungen abgebildet. Im Anschluss werden die betrieblichen Umsetzungsmöglichkeiten eines Energiemanagements und die Funktion des Managements diesbezüglich dargestellt.

2.1 Ziele des betrieblichen Energiemanagements

Betriebliches Energiemanagement kann als Management der Energiewirtschaft eines Unternehmens betrachtet werden. Es handelt sich dabei um ein Teilmanagementmodell, das sich rund um die eingesetzte Ressource „Energie“ als Managementobjekt dreht und die zielgerechte Gestaltung der betrieblichen Energienutzung beinhaltet [2] [3]. Als Ziel der betrieblichen Energiewirtschaft gilt die „wirtschaftlich optimale Bereitstellung, Einbringung und darüberhinausgehende(n) wirtschaftliche(n) Verwertung der Ressource Energie zur Erfüllung des jeweiligen Unternehmenszwecks.“ (vgl. [3], S. 148). Je nach strategischer Ausrichtung eines Unternehmens werden mit der Optimierung der Energieversorgung unterschiedliche Ziele verfolgt. Möglich gesetzte Teilzielsetzungen können qualitätsorientiert (z.B. verfahrenstechnische Eigenschaften), kostenorientiert (z.B. die Energiebereitstellung zu den geringst möglichen Kosten oder gar Energiebezug aus eigener Erzeugung und Verkauf der überschüssigen Energie), zeitorientiert (z.B. eine unterbrechungsfreie, flexible Energiebereitstellung zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort) oder sozialökologisch orientiert (z.B. eine schadstoffarme, aus erneuerbaren Energie erzeugte Energieversorgung) sein [3] [4]. Im Vordergrund der Teilzielsetzungen steht das Ziel, Energie „in vorgegebener Qualität und Quantität durch einen möglichst minimalen Mittleinsatz“ bereitzustellen, wobei auf qualitativer Ebene die Art der genutzten Energiedienstleistung im Vordergrund steht. (vgl. [2], S.77). Die am meist treibende Kraft ist für Unternehmen wohl das Potenzial der Energieeinsparung (siehe Kapitel 2.2.2). Die VDI 4602-Richtlinie "Energiemanagement - Definition, Begriffe" bezeichnet das Energiemanagement als „die vorausschauende, organisierte und systematische Koordinierung von Beschaffung, Wandlung, Verteilung und Nutzung von Energie zur Deckung der Anforderungen unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Zielsetzungen.“ [5]. Im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit werden die Funktion und die Abläufe des Energiemanagements weiter dargestellt, weshalb hier nun das betriebliche Energiemanagement als ein betriebliches Kontrollinstrument verstanden wird, das sicherstellen soll, dass die Energieverbräuche und die Energiekosten eines Unternehmens laufend überprüft und Abweichungen identifiziert werden, sodass das System optimiert werden kann.

Ein erfolgreiches Energiemanagement sollte sich entlang aller Prozesse der betrieblichen Wertschöpfungskette erstrecken und ein Teil der Unternehmensstrategie sein. Neben technischen Komponenten und konkreten Effizienzmaßnahmen spielen kulturelle, organisatorische und steuernde Aspekte eine wichtige Rolle [6].

2.2 Motive für die Einführung eines betrieblichen Energiemanagements

Neben der Erfüllung gesetzlicher Forderungen und monetärer Gründe, wie der Verringerung der Energiekosten durch Effizienzmaßnahmen oder der Nutzung steuerlicher Vorteile sowie bestimmter Fördermaßnahmen, werden in der vorhandenen Literatur insbesondere die positiven Effekte in der Außenwirkung von Unternehmen und strategische Gründe als Motive für die Einführung eines betrieblichen Energiemanagements genannt. Zudem stellt der Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz einen wichtigen Faktor für Unternehmen und deren Stakeholder dar [7] [8] [9] [10] [11]. Im folgenden Kapitel werden einige der gesetzlichen und politischen Instrumente sowie der zentralen Motive und positiven Effekte der Einführung eines betrieblichen Energiemanagements seitens der Unternehmen dargestellt.

2.2.1 Politische Rahmenbedingungen

Die Einführung von Energiemanagementsystemen (EnMS) ist an verschiedene umwelt- und energiepolitische Gesetze und monetäre Anreize gekoppelt. Instrumente zur Realisierung von Endenergieeinsparungen können unterschiedlicher Ausprägung sein, so beispielsweise in Form finanzieller Förderungen der herkömmlichen Form und Steuervergünstigung oder in Form von Energieeinsparquotensystemen [12]. In internationalen Abkommen und Vereinbarungen, wie dem Kyoto-Protokoll oder dem Pariser Klimaschutzabkommen, die vor dem Hintergrund eines wachsenden Energiebedarfs und dem damit verknüpften Anstieg von Treibhausgasen geschlossen wurden, bekennt sich die internationale Staatengemeinschaft zu einer Begrenzung von Treibhausgasemissionen und zu einer Begrenzung des Temperaturanstiegs durch den globalen Klimawandel [13] [14] [15] [16]. Auf europäischer Ebene ist die im Jahr 2012 beschlossene Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU (EED) zu nennen, die im Dezember 2012 in Kraft getreten ist und den Mitgliedstaaten einen einheitlichen Rahmen und einen ausgewogenen Instrumentenmix für Energieeffizienzmaßnahmen vorgibt [17]. Übergeordnetes Ziel ist dabei die Umsetzung der von der EU-Kommission im Jahr 2007 ausgerufenen „20-20-20“-Ziele, die bis zum Jahr 2020 neben der Stärkung des Anteils Erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch und der Senkung klimaschädlicher CO₂-Emissionen außerdem eine Steigerung der Energieeffizienz um 20 Prozent bezogen auf das Referenzjahr

1990 vorsehen [18]. Nach dem Prinzip „Energy efficiency first“, das besagt, dass die kostengünstigste, sauberste und sicherste Energie diejenige ist, die gar nicht erst verbraucht wird, ist außerdem ein 30 Prozent Ziel bis 2030 vorgesehen, das den Mitgliedsstaaten eine langfristige Perspektive für die Planung ihrer Energiepolitik und ihrer Investitionen sowie ihrer Strategien für eine Steigerung der Energieeffizienz geben soll [19] [20]. Für Unternehmen und für das betriebliche Energiemanagement relevant ist dabei der Artikel 8 „Energy audits and energy management systems“ der Richtlinie von 2012. Hier werden die europäischen Mitgliedsstaaten dazu aufgerufen, sicherzustellen, dass Unternehmen, die nicht unter die europäische Definition kleiner und mittelständischer Unternehmen (Nicht-KMU) fallen, auf regelmäßiger Basis ein Energieaudit, beispielsweise gemäß der EN 16247-1 oder der seit 2014 gültigen ISO 50003, durchführen. Unter bestimmten in der Richtlinie definierten Mindestkriterien können zertifizierte Energiemanagementsysteme gemäß der ISO 50001 oder Umweltmanagementsysteme gemäß ISO 140001 oder EMAS alternativ anerkannt werden [22]. Für die Europäische Kommission gelten Energieaudits als ein wichtiges Instrument, um Energieeinsparungen zu erreichen. Sie sollen dazu beitragen, bestehende Informationslücken bezüglich Energieeffizienz zu schließen und Barrieren zu überwinden [ebd.]. Energieaudits und Energiemanagementsysteme erhalten dadurch den Charakter, innovative umweltpolitische Instrumente zu sein, die zur Erreichung der „20-20-20“-Ziele beitragen.

Die Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie in nationales Recht erfolgte in Deutschland über die Novellierung des Gesetzes über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (Energiedienstleistungsgesetz, EDL-G), die im April 2015 in Kraft getreten ist. Nicht-KMU wurden dabei dazu verpflichtet, erstmals im Jahre 2016 und danach periodisch im Abstand von vier Jahren ein Energieaudit durchzuführen oder alternativ eines der bereits genannten Managementsysteme einzuführen, die mindestens 90 Prozent des gesamten Energieverbrauchs des Unternehmens abdecken (vgl. §§8-8d, EDL-G, [22]). Die Überprüfung erfolgt stichprobenhaft durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Bei einer Nichtdurchführung werden hohe Geldstrafen verhängt. Sind in Deutschland Energieaudits für Nicht-KMU eine gesetzliche Pflicht, so sind sie für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) die Voraussetzung für die Gewährung steuerlicher Vorteile in Form von Ermäßigungen und Entlastungen: Im Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 ist vorgesehen, dass Betriebe als Gegenleistung für Ermäßigungen und Entlastungen einen Beitrag zu Energieeinsparungen leisten. „Der Nachweis der Einsparung kann durch die zertifizierte Protokollierung in Energiemanagementsystemen oder durch andere gleichwertige Maßnahmen erfolgen.“ (vgl. [23], S.14) Durch diese nationalen Gesetzgebungen sollen Unternehmen dazu bewegt werden, ihre betrieblichen Abläufe und Prozesse energieeffizient zu gestalten. Die Nutzung von EnMS soll dazu führen, dass „die entsprechenden Effizienzpotenzial sichtbar gemacht und damit auch genutzt werden können.“ (vgl. [ebd.]). Durch die in der Tabelle 1 aufgeführten Gesetzesparagrafen und deren Regelungen hat die

Bundesregierung Anreize für Unternehmen geschaffen, Energiemanagementsysteme in ihren Betrieb einzuführen. Die Kopplung der dort aufgeführten Steuerermäßigungen an die Einführung eines EnMS war bereits einer der beschlossenen Eckpunkte des „Integrierten Energie- und Klimaprogramms“ im Rahmen der Kabinettsklausur im August 2007 in Meseberg. [24] Ein weiterer Eckpunkt für die Förderung moderner EnMS waren dabei unmittelbare Anreize in Form von Fördermaßnahmen [ebd.] Diese werden in der Richtlinie für die Förderung von Energiemanagementsystemen geregelt. Konkret gefördert werden soll dabei „die Einrichtung von Maßnahmen und Systemen (...), die eine planvolle Erfassung und Auswertung der Energieverbräuche erlauben und damit Voraussetzungen für die Umsetzung von effektiven Energieeffizienzmaßnahmen schaffen.“ [25]. Dazu gehören unter anderem Förderungen im Bereich der Erstzertifizierungen von EnMS, der Schulung und Weiterbildung von Mitarbeitern und im Bereich der Ausstattung mit Mess-, Zähler- und Sensortechnologien sowie im Bereich des Erwerbs und der Installation von Energiemanagementsoftwaresysteme (EnMS-Software) und der Schulung des Personals bezüglich des Umgangs mit der Software [25] [26] [27]. Im Zuge des Förderprogramms wurde durch das BAFA eine Liste förderfähiger Softwaresysteme erstellt, die im weiteren Verlauf dieser Arbeit erneut Erwähnung finden wird [27].

Ein übergeordnetes Instrument auf nationaler Ebene mit dem Ziel einer ökologischen Transformation der Energiepolitik ist die deutsche Energiewende-Politik, die einen Umbau der Energieversorgung weg von der Atomkraft hin zu einer Versorgung aus regenerativen Energiequellen beinhaltet. Dazu gehört unter anderem das bereits erwähnte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), als Instrument, um den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland zu fördern. [28] Der nationale Klimaschutzplan stellt ein Instrument dar, die Klimaschutzziele der Klimaschutzkonferenz von Paris mit konkreten Maßnahmen zu untermauern. Zudem sind das Energiekonzept von 2010 sowie das dazugehörige Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 von 2014 weitere zentrale Elemente der deutschen Klimaschutzpolitik. [29] Der Nationale Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) ist beschreibend für die Energieeffizienzpolitik in Deutschland. Mit dem Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) geht die deutsche Bundesregierung der Berichtspflicht nach Artikel 2 Absatz 2 des EED nach [30].

Name des Gesetzes	Abkürzung	Paragraph	Inhalt
Erneuerbare-Energien-Gesetz	EEG [28]	§§ 63 ff.	Im Rahmen der Besonderen Ausgleichsregelung (BesAR) können Unternehmen beim BAFA einen Antrag auf eine Reduzierung der EEG-Umlage stellen. Die Begrenzung der EEG-Umlage ist dabei für Unternehmen mit einem Energieverbrauch > 5 GWh pro Jahr an den Nachweis eines zertifizierten Managementsystems gemäß EMAS oder ISO 50001 und für Unternehmen mit einem Energieverbrauch zwischen 1 und 5 GWh pro Jahr alternativ an den Nachweis über ein alternatives System zur Verbesserung der Energieeffizienz (geregelt in der SpaEfV) gekoppelt. Antragsberechtigt sind Unternehmen, die einer Branche nach den Listen 1 und 2 der Anlage 4 des EEG 2017 zugeordnet werden. (BAFA: Merkblatt für stromkostenintensive Unternehmen 2017, EEG 2017)
Stromsteuergesetz	StromStG [31]	§ 10	Auf Grundlage des Gesetzes zur Änderung des Energiesteuer- und Stromsteuergesetzes von Dezember 2012 und der Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung (SpaEfV) ist seit Januar 2013 der Spitzenausgleich gemäß § 10 StromStG (die Erlassung, Erstattung oder Vergütung der Steuer für nachweislich versteuerten Strom) sowie gemäß § 55 EnergieStG (die Steuerentlastung für Energieerzeugnisse) unter anderem an die Gegenleistung gekoppelt, dass Unternehmen nachweislich ihre Energieeffizienz verbessern und festgelegte Einsparziele erreichen. Zudem muss ein Nachweis über den Betrieb eines EnMS gemäß ISO 50001 oder für KMU ein Nachweis über den Betrieb eines alternativen Systems zur Verbesserung der Energieeffizienz bzw. ein Nachweis über eine Registrierung bei EMAS vorgelegt werden. (TÜV Süd)(Industrie Energieeffizienz)(Strom- und Energiesteuergesetz)
Energiesteuergesetz	EnergieStG [32]	§ 55	

Tabelle 1: Gesetzlich verankerte Anreize der Bundesregierung zur Einführung von Energiemanagementsystemen

2.2.2 Ökonomische Motive

Ein wichtiger Nutzen im Rahmen der Implementierung eines EnMS wird im Potenzial der Energieeinsparung und Energiekostensenkung gesehen [6] [33] [34]. Es wird davon ausgegangen, dass durch die Einführung von EnMS Kosteneinsparungen von bis zu 10 Prozent in den ersten Jahren nach der Einführung erzielt werden können [16]. Aufgrund des hohen Grades an Informationsbereitstellung und Offenlegung der Energieströme und des Energieeinsatzes durch die Prozesse und Verfahren eines systematischen Energiemanagements, liegt es daher im Interesse von Unternehmen in diesem Bereich tätig zu werden [6]. Durch die systematische Erfassung des Energieverbrauchs und potenzieller Einsparmöglichkeiten kann gezielt in Effizienzmaßnahmen investiert werden, wodurch im Idealfall die Energiekosten gesenkt und die zukünftige internationale Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden [35]. Besonders bei jenen Branchen, deren Energiekosten einen relativ hohen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen und bei denen von technischer Seite das Potenzial besteht, den betrieblichen Energiefluss zu beeinflussen, ist die Einführung eines Energiemanagements von hoher Bedeutung ¹ [2]. Es reicht jedoch nicht aus, das betriebliche Energiemanagement lediglich mit dem Ziel der Steigerung der Energieeffizienz, der Senkung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Energiekostensenkung gleichzusetzen, sofern diese Motive auch zielkonform sind. Weitere Aspekte strategischer Art (z.B. Energieeinkauf, Risikominimierung) rücken besonders vor dem Hintergrund in den Raum, dass es sich bei der Ressource „Energie“ um ein Betriebsmittel handelt, das einen kritischen Faktor für alle Aktivitäten und die Leistungserbringung eines Unternehmens darstellt und unabdingbar ist für die Aufrechterhaltung von Produktionsprozessen [2] [3] [36]. Besonders für Unternehmen jener schon genannten Branchen, deren Energiekosten einen hohen Anteil ihrer Gesamtkosten ausmachen, wurde aufgrund der in den letzten Jahren stetig gestiegenen Energiepreise die Kostenfrage des Energieeinkaufs sowie eine langfristige Unabhängigkeit von der Energiepreisentwicklung zu einem bedeutenden Faktor [2] [10] [37]. Durch gezielte Maßnahmen können Unternehmen zunehmend für eine verbesserte Zukunfts- und Versorgungssicherheit sorgen. So sei ein systematisches Energiemanagement eine notwendige Reaktion auf stark schwankende und langfristig stark steigende Energiepreise [7] [8]. Zudem kann die Bereitstellung von Informationen über das energetische Verbrauchsverhalten zu einer besseren Verhandlungsposition gegenüber dem eigenen

¹ Zu den besonders energieintensiven Branchen zählen die Steine- und Erden-Industrie, die Eisen-Industrie, die Nicht-Eisen-Metall-Industrie, die chemische Industrie und das Papiergewerbe [2, nach BMWi]

Energieversorger verhelfen, womit sich die Energiebeschaffung optimieren und ebenfalls Kosteneinsparungen realisieren ließen [7]. Als weiterer Grund für die Implementierung eines EnMS wird eine positive Wirkung auf die Außendarstellung eines Unternehmens genannt. So spielt ein zertifiziertes Energiemanagement für die Glaubwürdigkeit in der Öffentlichkeit, für die Teilnahme an öffentlichen Ausschreibungen oder für die Erfüllung der Anforderungen privater Auftraggeber eine große Rolle [33]. Von öffentlichem Interesse ist außerdem ein umweltbewusstes und soziales Handeln. Nachhaltigkeit soll zunehmend in den Unternehmensalltag integriert und belegt werden können, um positive Effekte wie Kundenbindung oder Kundenneugewinnung zu generieren [11] [38].

2.2.3 Ökologische Motive

Die Umwandlung und Nutzung bestimmter Energiequellen ist an Input- sowie Output-Faktoren, die unmittelbar an die Umwelt abgegeben werden, gekoppelt [3] [33]. So emittieren beim Verbrauch dieser Energiequellen Treibhausgase, die klimaschädlich sind und negative Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem der Erde haben. Außerdem werden für die Energiegewinnung Ressourcen eingesetzt, die nicht unendlich nutzbar sind. So bestimmt die Rohstoffknappheit seit mehreren Jahren bereits Debatten um die Energieversorgung. Vor diesem Hintergrund werden Konsum und Produktion zu einem treibenden Faktor des anthropogenen Klimawandels und eines nicht nachhaltigen Ressourcenverbrauchs.² Das globale Ökosystem wird negativ durch Erderwärmung beeinflusst: „Increasingly severe impacts of climate change are anticipated for the Earth’s natural ecosystems, including substantial losses of biodiversity and increased rates of extinction. Of particular concern are such ecosystems as coral reefs, the Amazon forest and the boreal-tundra Arctic.“ (vgl. [39], S.3). Zudem kann es dazu führen, dass durch den Klimawandel Wirtschaftswachstum ausgebremst, die Lebensmittelversorgung und menschliche Gesundheit gefährdet und die Schere zwischen Industrie- und Entwicklungsstaaten größer wird. Es mag sein, dass ein kleiner Teil der Bevölkerung von der auf Energieverbrauch angewiesenen Produktivität profitiert, für den Großteil der Bevölkerung wird ein möglich herbei geführter Nutzen, wenn überhaupt vorhanden, jedoch häufig durch andere auftretende Kosten aufgehoben. Diese sogenannten „externen Kosten“ (beispielsweise die Belastung der Umwelt und des Klimas) werden also besonders von jenen Bevölkerungsgruppen getragen, die kaum bis gar nicht von den sogenannten

² Weitere Treiber für die Erderwärmung sind das stetige Wachstum der Erdbevölkerung sowie Aktivitäten aus der Agrarwirtschaft, aus der Waldwirtschaft oder der Abfallwirtschaft.

„internen Kosten“ profitieren. Nach (Kals, 2010) profitieren insbesondere Anteilseigner, Mitarbeiter, Lieferanten und Kunden von der Produktivität eines Unternehmens. Weniger oder gar nicht profitieren jedoch die Öffentlichkeit, der Staat oder die Gesellschaft (beispielsweise über Steuereinnahmen). [8] Besonders Entwicklungsstaaten, die im geringeren Maße für den Klimawandel verantwortlich sind als Industriestaaten, haben langwierig die Folgen (z.B. in Form von Extremwetterereignissen oder Zugang zu sauberen Trinkwasser) zu tragen und stehen vor enorm großen Herausforderungen, diesen globalen Megatrend zu bewältigen. Dies kann rückkoppelnd wiederum zu negativen Effekten in Schwellen- und Industrieländern führen (z.B. Lebensmittelknappheit, politische und wirtschaftliche Destabilisierung von Staaten, Zuwanderung) [39] [40]. Nicht nur Volkswirtschaften werden dadurch berührt, sondern auch die Betriebswirtschaft: Durch die Fragmentierung der Produktion besteht für Unternehmen des produzierenden Gewerbes stets eine latente Gefahr, dass ihre Unternehmensabläufe aufgrund von Unterbrechungen in der Lieferkette nicht reibungslos durchgeführt werden können [2][40]. Bedenkt man, dass in Deutschland etwa ein Drittel des Primärenergiebedarfs auf die Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung entfallen und der Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs zu einem großen Teil durch den Güterverkehr bestimmt wird, so scheint es für Unternehmen besonders notwendig Umweltaspekte in ihrem Geschäftsalltag zu berücksichtigen.

Vor dem Hintergrund der genannten Faktoren lassen sich somit als weitere Motive für die Einführung eines Energiemanagementsystems - neben der von Eigennutz und Rationalität getriebenen - außerdem gesamtgesellschaftliche, ethische und nachhaltige Motive herausarbeiten. Diese sollten mindestens einen genauso wichtigen Faktor darstellen, wie die politischen und ökonomischen Motive, beziehungsweise mit dem Prinzip der Nachhaltigkeit, im Sinne der Berücksichtigung ökologischer, sozialer und ökonomischer Aspekte zu gleichen Teilen, in Einklang stehen.

2.3 Energiemanagementsysteme als organisatorische Methode zur Steigerung der Energieeffizienz

Es gibt zahlreiche Instrumente, mit denen sich Unternehmen der Energieproblematik nähern können. Neben der Investition in Energieeffizienztechnologien, der Durchsetzung geeigneter strategischer Maßnahmen und neben geeigneten informellen und formellen Qualifikations- und Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter, gelten strategische Managementwerkzeuge als Treiber für eine effiziente Energienutzung [41]. Mit einem systematischen Energiemanagement – einem Energiemanagementsystem – sollen betriebliche Abläufe so beeinflusst werden, dass der Gesamtenergieverbrauch eines Unternehmens nachhaltig gesenkt und die Energieeffizienz unter wirtschaftlichen

Gesichtspunkten kontinuierlich verbessert wird [27]. Die Einführung und der Betrieb eines EnMS gelten daher selbst als ein Teilaspekt des Energiemanagements [42]. Richtlinien und Anforderungen aus dem Bereich des Energiemanagements werden durch konkrete Organisationsstrukturen, Verantwortlichkeiten, Prozesse und Verfahren umgesetzt. [43] Es umfasst nach der Norm ISO 50001:2011 „Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“, die „Gesamtheit miteinander zusammenhängender oder interagierender Elemente zur Einführung einer Energiepolitik und strategischer Energieziele, sowie Prozesse und Verfahren zur Erreichung dieser strategischen Ziele“ (vgl. [1]). Es sollen notwendige Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, um die energiebezogene Leistung eines Betriebes kontinuierlich zu verbessern und den Energieeffizienzgedanken in alle Prozesse und bei allen Mitarbeitern fest zu verankern [43]. Unternehmen sollen in die Lage versetzt werden, die im Voraus definierte Energiepolitik einzuhalten und festgelegte strategische Energieziele zur Optimierung der Energienutzung zu erreichen. Mögliche inhaltliche Aspekte eines eingeführten EnMS sind beispielsweise die Steigerung der Energieeffizienz, festgelegte Kommunikationswege zu Energieeffizienzaspekten, die Dokumentation der Einhaltung rechtlicher Vorschriften, die Ernennung eines Verantwortlichen, ein systematisches Mitarbeitervorschlagswesen für Energieeffizienz, die Verankerung der Energieeffizienz ins Unternehmensleitbild, eine systematische Lieferantenbeurteilung oder die Kontrolle der Energieeffizienzziele auf Ebene einzelner Mitarbeiter [38]. Nach einer Studie des Fraunhofer ISI gelten EnMS als eine wesentliche Grundlage für den Einsatz energieeffizienter Lösungen, da sie durch die systematische Erfassung von Energieströmen dazu beitragen, dass der Energieverbrauch eines Unternehmens kontinuierlich beobachtet werden kann, dass wesentliche Informationen über bestehende Effizienzpotenziale bereitgestellt werden und dass somit wiederum Bewusstsein über mögliche Ansatzpunkte und Einsparpotenziale geschaffen wird. Unternehmen können sich auf dieser Basis entscheiden, in welchen Bereichen Energieeffizienzmaßnahmen eingeführt werden sollen [41] Der Studie zufolge bietet der Einsatz von EnMS insbesondere Unterstützung beim Einsatz anspruchsvoller und komplexer Lösungen sowie bei der Identifizierung ungenutzter Energieeinsparpotenziale wodurch sie einen großen Beitrag für die Verbreitung von Energieeffizienzlösungen leisten. [ebd.] Nicht immer entscheiden sich Unternehmen dazu, ein eingeführtes EnMS von unabhängiger Stelle zertifizieren zu lassen. Nach (Wecus, et al., 2017) erfolgt eine Zertifizierung von Managementsystemen jedoch häufig vor den Beweggründen, dass Unternehmen den Forderungen und Wünschen ihrer Kunden nachgehen, ihre Unternehmungen ganzheitlich zu erfassen und Defizite und Optimierungsmöglichkeiten aufdecken [38]. Nicht zuletzt sei hier auch die Erfüllung gesetzlicher Anforderungen oder die Erleichterung von Steuerausgaben genannt, wie sie in Kapitel 2.2.1 dargestellt wurden [44].

2.4 Managementfunktion im Energiemanagement

Die Funktion des Energiemanagements ist - angelehnt an die gängige Funktion des Managements - das bewusste, steuernde Eingreifen in betriebliche Prozesse und Abläufe auf allen relevanten Unternehmensebenen, wobei die Aktivitäten primär darauf ausgerichtet sind, die Prozesse entlang der innerbetrieblichen Energiewertschöpfungskette (Energiebezug, Energieumwandlung, Energieverteilung, Energienutzung, Energieabgabe/-recycling, Energieverkauf) weiterzuentwickeln und zu optimieren. Während das Energiemanagement primär Einfluss auf organisatorische und technische Abläufe und unternehmensweite Verhaltensweisen nimmt, beinhaltet ein EnMS die Instrumente zur Verwirklichung des Energiemanagements durch geeignete Organisations- und Informationsstrukturen [45]. Durch die strukturelle Auseinandersetzung mit dem Energieeinsatz soll der innerbetriebliche Energieverbrauch systematisch reduziert und die erzielten Verbesserungen aufrechterhalten werden. Diese Aufgabe wird durch die fünf Managementfunktionen der allgemeinen Managementlehre (nach Fayol, Henry) auf den drei Managementebenen nach dem St. Galler Management-Modell (operativ, strategisch und normativ) realisiert (siehe Abbildung 2): Planung, Organisation, Personalführung, Koordination und Kontrolle, wobei

- auf normativer Ebene die Aufgabe der Festlegung einer Energiepolitik eingebettet ist und sich die übergreifenden Aufgaben der Koordinierung und Entwicklung identifizieren lassen;
- auf der strategisch ausgerichteten Ebene die Festlegung übergreifender Ziele und die Planung durchzuführender Maßnahmen im Vordergrund steht und
- auf operativer Ebene die schrittweise Umsetzung der geplanten Maßnahmen stattfindet [2] [3].

Die Durchführung aller Aktivitäten geschieht nicht getrennt voneinander, sondern durch einen dynamischen, kontinuierlich wiederkehrenden Prozess, dessen Teilphasen und ihre dazugehörigen Instrumente im weiteren Verlauf der Arbeit vertieft dargestellt werden. (siehe Kapitel 3.3)

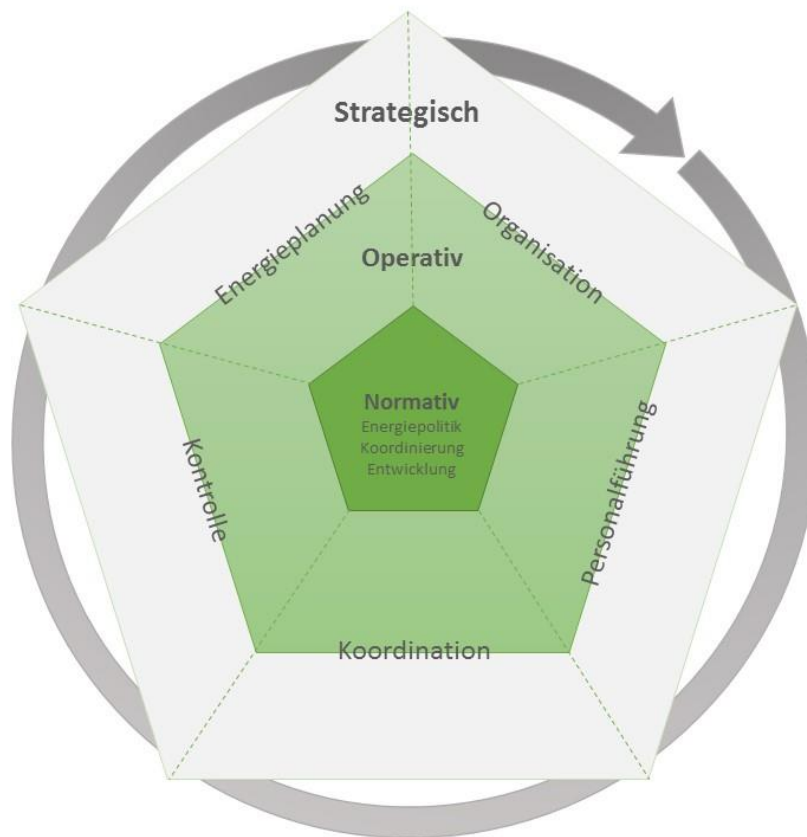


Abbildung 2: Die Managementfunktionen im Energiemanagement, angelehnt an [46]

2.5 Strategische Steuerung des Energiemanagements

Gesteuert werden die Energiemanagementprozesse häufig durch eine, im Voraus formulierte, unternehmensweite Energiestrategie, von der wiederum konkrete strategische und operative Energieziele abgeleitet werden. Die Energiestrategie ist von der obersten Ebene eines Unternehmens zu formulieren [47]. Auf ihr bauen wiederum Festlegungen über Maßnahmen und Vorgaben für untergeordnete Ebenen auf [48]. Vor dem Hintergrund langfristig knapper werdender Ressourcen und steigender Energiepreise ist es essenziell für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens, seine Energiestrategie mittel- bis langfristig auszurichten. Als eine Funktionsbereichsstrategie sollte sie mit der Gesamtunternehmensstrategie abgestimmt werden, so dass sie dazu beiträgt diese erfolgreich umzusetzen [6].

2.6 Organisation des Energiemanagements

Für die innerbetriebliche Organisation des Energiemanagements bedarf es neben den Kriterien zur Gestaltung der Ablauf- und Aufbauorganisation zur Umsetzung der festgelegten Strategie und Ziele des Managementsystems zudem einen Verantwortlichen, der die operative Steuerung übernimmt [6]. Diese Rolle wird in Unternehmen häufig zentral durch einen Energiemanager oder einen Energiemanagementbeauftragten übernommen, der für alle energierelevanten Entscheidungen zuständig ist (zentrale Stabstelle). Je nach Größe eines Unternehmens besteht auch die Möglichkeit, dass mehrere Energiemanager zu beschäftigen, die dann für einen bestimmten Bereich, Produktionsstandort oder ein bestimmtes Werk zuständig sind (dezentrale Stellen). In vielen Fällen befindet sich der Energiemanager auf der hierarchischen Ebene der Bereichs- oder Abteilungsleitung oder aber auf Ebene der Geschäftsleitung. Unterstützend besteht eine weitere Möglichkeit darin, ein gesamtes Team zur Umsetzung des Energiemanagements aufzustellen, wobei sich dieses beispielsweise aus Mitarbeitern aus den Bereichen Produktion, Controlling/Finanzen, Gebäudeverwaltung, Instandhaltung und Wartung oder Personal zusammensetzen kann. In der Abbildung 3 wird diese Organisationsstruktur beispielhaft dargestellt.

Die Gestaltungsform der Verankerung der Stelle wird von der jeweiligen betrieblichen Organisationsumwelt geprägt [47]. Zu den Kernkompetenzen und Aufgaben gehören vor allem das Controlling, die Energiedatenerfassung, die Verbrauchsüberwachung sowie die Überwachung von Soll- und Ist-Werten und die Ermittlung dafür brauchbarer Kennzahlen. Weitere zu übernehmende Aufgaben sind beispielsweise

- die Optimierung der Energiebeschaffung durch kontinuierliche Vertragsverhandlungen mit dem Energieversorgungsunternehmen (EVU);
- die Identifizierung und Umsetzung von Einsparmöglichkeiten und technische Optimierungen;
- die Erweiterung des Einsatzes erneuerbarer Energien oder von Elektromobilität;
- die Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern und die Durchführung von Mitarbeiter-Workshops [6] [42].

Von besonderer Relevanz kann außerdem die Flexibilisierung des Energieverbrauchs sein. Hier werden Maßnahmen ergriffen, die die „Linearisierung des Energieverbrauchs in Abhängigkeit von der Produktionsmenge“ anstreben (vgl. [48], S.17 f.). Die Aufgaben und der Verantwortungsbereich des Energiemanagers müssen von der obersten Managementebene schriftlich festgelegt werden und allen Mitarbeitern bekannt sein.

In seltenen Fällen wird die Verantwortlichkeit komplett ausgelagert und das Energiemanagement somit extern gesteuert und umgesetzt [6]. Werden Energiemanagementprozesse ausgelagert, sollten vor allem jene Prozesse extern durchgeführt werden, die ein hohes Spezialwissen und -werkzeuge erfordern und nicht zum Kerngeschäft des Unternehmens gehören. Ein grundlegendes Know-How sollte dennoch im Unternehmen vorhanden sein [42]. So bieten viele Unternehmensberatungen und Energiedienstleister verschiedene Lösungsfelder an, um Unternehmen beim Betrieb ihres Energiemanagements zu unterstützen. In der ISO 50001 werden Anforderungen an das Top-Management und die Beauftragten des Managements gestellt. Diese werden in Kapitel 3.2.1 näher betrachtet.

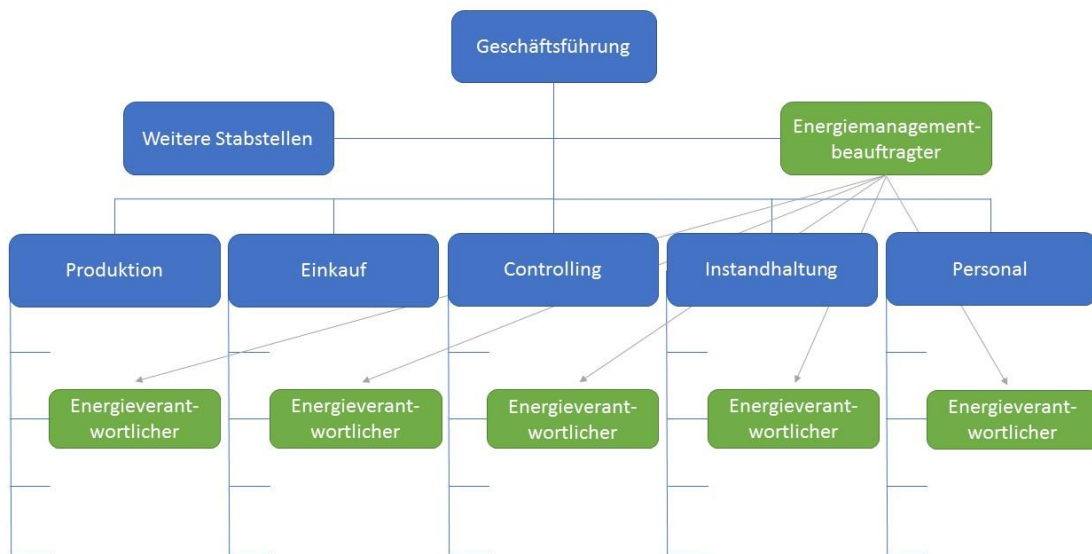


Abbildung 3: Beispielorganigramm für die Zusammensetzung eines Energieteams

2.7 Unterstützende Instrumente des Energiemanagements

Für die Umsetzung der festgelegten Strategie und definierter Ziele im Rahmen des betrieblichen Energiemanagements und eingeführter EnMS sollten unterstützende Steuerungs- und Monitoring-Instrumente eingesetzt werden. Diese sind insbesondere für Entscheidungsträger relevant, da durch sie das Potenzial profitabler Energieeffizienzmaßnahmen offengelegt wird und durchgeführte Maßnahmen hinsichtlich ihrer Effekte und Effizienz überwacht werden können [49]. Während sich das Energiemonitoring durch eine technisch orientierte Evaluierung energierelevanter Daten auszeichnet, durch die energieintensive Prozesse identifiziert werden sollen, soll das Energiecontrolling ins-

besondere dem kontinuierlichen Informationsinput für die Einleitung von Korrekturmaßnahmen sowie die Generierung neuerlicher Entscheidungen dienen [3] [49]. In der Abbildung 4 soll diese Unterscheidung veranschaulicht werden.

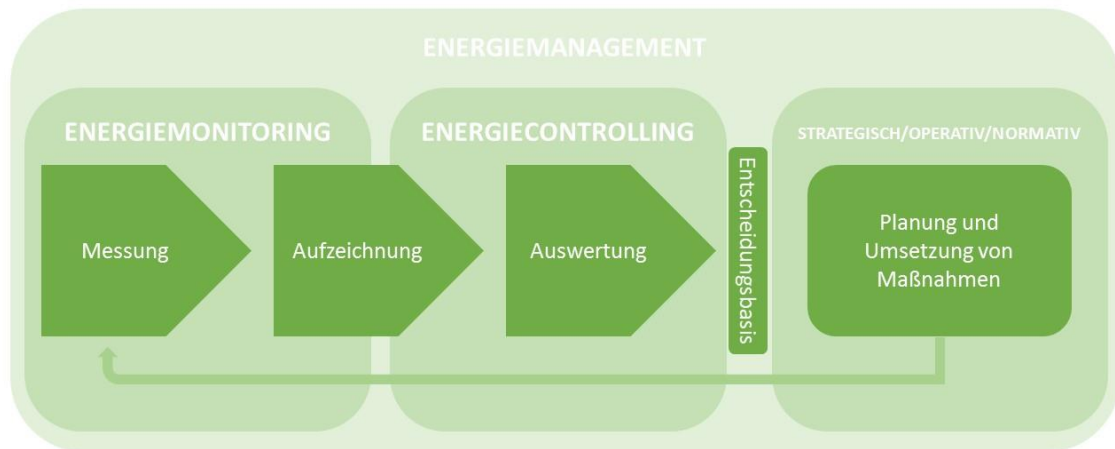


Abbildung 4: Instrumente des Energiemanagements

2.7.1 Energiemonitoring

Ein Energiemonitoringsystem ist für die permanente oder die in bestimmten Zeitintervallen stattfindende Energiedatenerhebung sowie deren Aufbereitung und Visualisierung vorgesehen. Damit einher geht die Erstellung von Messkonzepten, die Einrichtung von Datenerfassungspunkten in einem erweiterbaren Messsystem und die strukturierte Aufnahme und Erfassung der Messdaten oder Verbrauchsdaten von Abrechnungen des E-VUs. Im Rahmen eines Energiemonitoringsystems werden die Energieverbräuche innerhalb eines Unternehmens zwar erfasst und aufgezeichnet und somit transparent gemacht, jedoch nicht in Bezug auf eine funktionale, zeitliche oder räumliche Größe gesetzt. Im Energiecontrolling hingegen werden die Energiedaten hinsichtlich ihrer Plausibilität überwacht und auf Abweichungen analysiert.

2.7.2 Energiecontrolling

Das Instrument des Energiecontrollings gilt als ein klassisches prozessbegleitendes Überwachungswerkzeug, welches einen existenziellen Teil der Planung, Umsetzung, Steuerung und Kontrolle von Zielen im Rahmen eines EnMS ausmacht [47] [50] [51]. Hier werden sämtliche Verbrauchsdaten, insbesondere wesentliche Veränderungen des Energieverbrauchs und der Energiekosten auf allen unternehmerischen Ebenen (z.B. Anlagen, Gebäude) erfasst und das Nutzungsverhalten transparent gemacht und darüber hinaus analysiert. Es dient der systematischen Kontrolle und quantitativen Darstellung durchgeführter Energieeffizienzmaßnahmen und der Auswertung von Daten, der

Überwachung und Bewertung des Energieverbrauchs und der Steuerung von Energieaktivitäten [6]. Im Falle von Abweichungen, wie beispielsweise einem übermäßigen Energieverbrauch oder Fehlfunktionen in Anlagen und Systemen, können so schnellstmöglich geeignete Korrekturmaßnahmen initiiert werden. Geeignete Controlling-Werkzeuge sind zum Beispiel der Abgleich von Soll- und Ist-Werten (auch: Energie-Gap-Analyse) oder Balanced Scorecards (siehe Kapitel 5.2.1). (vgl. [52], S. 124) In jedem Fall sind quantifizierbare Messgrößen und Kennzahlen zu entwickeln, „die neben der reinen Verbrauchsentwicklung auch den Erfolg von energieeffizienzrelevanten Investitionen messen“. (vgl. [6], S.36) Unabdingbar ist eine detaillierte, kontinuierliche Erfassung und Dokumentation von Verbrauchsdaten, die die Basis jeglicher Auswertungen des Energieeinsatzes in Unternehmen ausmacht. Die wesentlichen Aufgaben des Energiecontrollings lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Aufbau und laufende Pflege eines Energieerfassungssystems (Energiemonitoringsystem);
- Verarbeitung und Aufbereitung gesammelter Energiedaten;
- detaillierte Auswertung des Energieverbrauchs durch ein mehrdimensionales Bewertungssystem ³;
- Identifizierung von Einsparpotenzialen und die Bereitstellung relevanter energiespezifischer Informationen;
- Beratung des Managements zu strategischen und operativen Energiezielen sowie zur Entscheidung zu Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen;
- laufende Erfassung des Projektfortschritts sowie der Termineinhaltung festgelegter Zeitpläne und
- Prüfung und Verifizierung der Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen hinsichtlich der Energieverbrauchseinsparungen [3] [51].

³ Mehrdimensional: Die Höhe des Energiebedarfs wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Nicht allein über absolute Verbrauchszahlen können Aussagen getroffen werden. Der Energiebedarf muss auch immer im Zusammenhang mit anderen Einflussfaktoren wie Produktionsmenge, Klima/Jahreszeit, Schichtsystem, Anlagentechnologie, Mitarbeiterverhalten, etc. betrachtet werden [48].

3 Das Energiemanagementsystem nach der ISO 50001

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die Struktur der ISO 50001 sowie die dort definierten inhaltlichen und organisatorischen Anforderungen an Energiemanagementsysteme. Das Kapitel dient als Grundlage dafür, um im weiteren Verlauf dieser Arbeit die Werkzeuge vorhandener Energiemanagementsystem-Softwareprodukte mit den Elementen der ISO 50001 zu verknüpfen und weitere Potenziale für Softwarelösungen aufzudecken. Am Ende dieses Kapitels soll eine Prozesslandkarte entstehen, die die Prozesse eines EnMS übersichtlich abbildet.

3.1 Einführung in die ISO 50001

Die ISO 50001 ist eine weltweit, branchenunabhängig gültige Norm der International Organization for Standardization (ISO) für Energiemanagementsysteme. Zweck der Norm ist es, „Organisationen in die Lage zu versetzen, Systeme und Prozesse aufzubauen, welche zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung, einschließlich Energieeffizienz, Energieeinsatz und Energieverbrauch erforderlich sind“. [1] Sie bietet Organisationen einen Rahmen für die Ausarbeitung einer Energiepolitik, für die Festlegung von Zielen und Leitlinien und der gerechten Umsetzung der Energiepolitik. Dazu gehören Rahmenrichtlinien hinsichtlich der Nutzung bestimmter Daten, die dem Verständnis über den eigenen Energiekonsum dienen, darüber, wie ergriffene Maßnahmen anhand von Kennzahlen gemessen und hinsichtlich ihrer Effektivität überwacht werden können und wie das Energiemanagement durch einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess instandgehalten wird. Die Anwendung der Norm soll außerdem dazu dienen, dass Organisationen der notwendige Grad an Transparenz rund um die Ressource Energie bereitgestellt wird und die interne Kommunikation darüber gefördert wird. Durch den gesetzten Rahmen soll das Bewusstsein über die Ressource Energie geweckt werden [1]. Die ISO 50001 wurde im Jahr 2011 veröffentlicht und ersetzte 2012 die zuvor in Deutschland geltende DIN EN ISO 16001. Die ISO 50001 beruht auf Elementen anderer ISO-Managementsystemnormen wie dem Qualitäts- oder Umweltmanagement gemäß ISO 9001 beziehungsweise ISO 14001. Ein EnMS kann durch diese Kompatibilität einerseits in bereits bestehende Managementsysteme integriert werden, so dass Unternehmen dadurch Ineffizienzen vermeiden und Kosten senken: mehr Effizienz durch Synergieeffekte [53]. Es kann jedoch andererseits auch als ein eigenständiges Managementsystem aufgebaut werden.

Jährlich veröffentlicht die ISO den ISO Survey, der einen Überblick über die Anzahl zertifizierter Managementsysteme gemäß ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 und weiterer

Normen gibt. Das Energiemanagementsystem nach der ISO 50001 sticht dabei deutlich hervor. So ist die Anzahl global ausgestellter Zertifikate von 2014 auf 2015 um 77 Prozent gestiegen. Insgesamt sind bis 2015 11.985 Energiemanagementsysteme zertifiziert worden, wobei speziell Deutschland mit insgesamt 5.931 ISO 50001 Zertifikaten an erster Stelle des weltweiten Länder-Rankings steht. Diese Spitzenposition ist wohl primär auf die bereits im Teilkapitel 2.2.1 erläuterten gesetzlichen Regelungen Deutschlands zurückzuführen [44] [54].

Die Normenfamilie ISO 50000 beinhaltet neben der ISO 50001 außerdem die unterstützenden Dokumente ISO 50002 (Energieaudits- Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung), ISO 50003 (Energiemanagementsysteme – Anforderungen an Stellen, die Energiemanagementsysteme auditieren und zertifizieren), ISO 50004 (Energiemanagementsysteme – Anleitung zur Einführung, Aufrechterhaltung und Verbesserung eines Energiemanagementsystems), ISO 50006 (Energiemanagementsysteme – Messung der energiebezogenen Leistung unter Nutzung von energetischen Ausgangsbasen und Energieleistungskennzahlen (EnPI) – Allgemeine Grundsätze und Leitlinien), ISO 50015 (Energiemanagementsysteme – Messung und Verifizierung der energiebezogenen Leistung von Organisationen – Allgemeine Grundsätze und Anleitung) und ISO 50047 (Energieeinsparungen – Bestimmung von Energieeinsparung in Organisationen). Ab Oktober 2017 besteht grundsätzlich die Neuerung, dass die Ausstellung der Re-Zertifizierung eines EnMS nur noch in dem Falle zustande kommt, sollte eine nachweisbare Verbesserung der energiebezogenen Leistung bestätigt werden. Die Zertifizierung eines EnMS nach ISO 50001 ist ab diesem Zeitpunkt somit an neu definierte Anforderungen geknüpft [55] [56].

3.1.1 Normstruktur

In der ISO 50001 werden zunächst allgemeine Anforderungen an das Managementsystem, die Verantwortung des Managements und die Inhalte der festzulegenden Energiepolitik erläutert. Im weiteren Verlauf erfolgt eine Formulierung der Anforderungen an die Planung, Einführung, Umsetzung und Überprüfung sowie die Management-Bewertung und die dazugehörenden Teilprozesse. Die Prozesse sind in Abbildung 5, angelehnt an die ISO 50001, dargestellt.

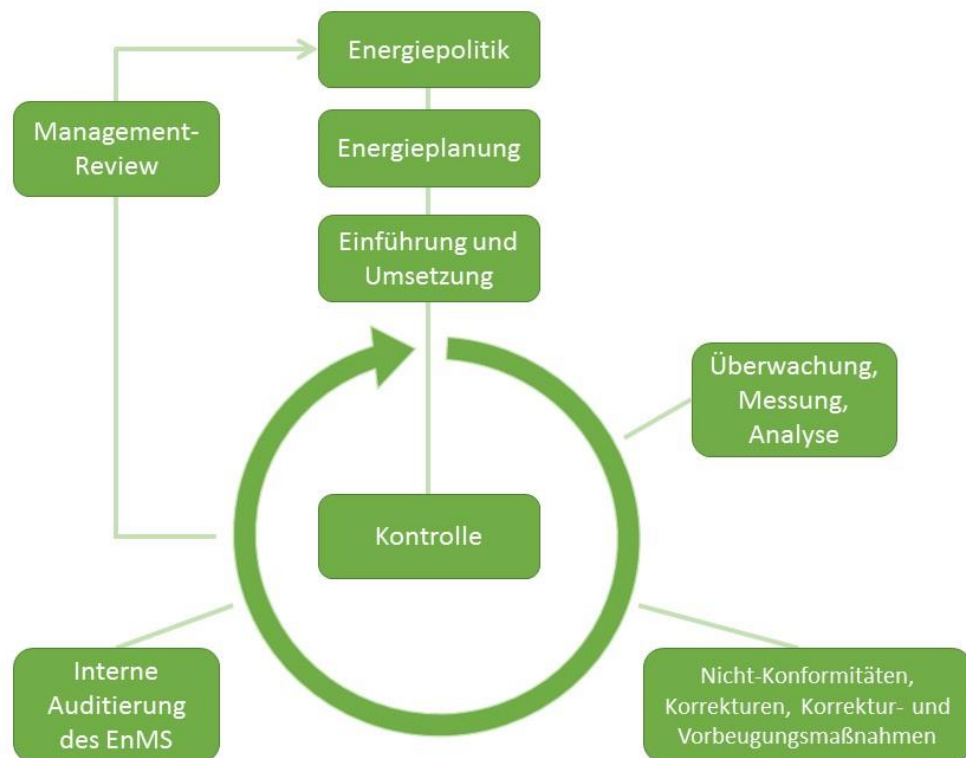


Abbildung 5: Energiemanagementsysteme nach ISO 50001 [1]

3.2 Der normative Rahmen eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001

Unternehmen müssen für die erfolgreiche Implementierung eines EnMS im Vorfeld verschiedene Aspekte definieren, die in diesem Teilkapitel aufgeführt werden. Diese dienen der Unterstützung des EnMS sowie der kontinuierlichen Verbesserung seiner Wirksamkeit [1]. Die ISO 50001 benennt zudem die konkreten Aufgaben des Top-Managements und des Energiemanagementbeauftragten.

3.2.1 Managementverantwortung

Der Beschluss des Top-Managements ist ausschlaggebend für den Erfolg eines EnMS. Es übernimmt eine Vorbildfunktion gegenüber seiner Mitarbeiter und beeinflusst diese durch sein Verhalten und seine Einstellung bezüglich energierelevanter Themen. Durch das Top-Management soll der effiziente Umgang mit Energie langfristig und nachhaltig in die Unternehmenskultur integriert und die Bedeutung des EnMS innerhalb der Organisation kommuniziert werden, sodass zu einer gemeinsamen Umsetzung von Zielen angeregt wird [1] [9]. Insbesondere die Ernennung eines Energiemanagers oder eines

Beauftragten für das Energiemanagement, der über ausreichende Verantwortlichkeiten und Befugnisse zur Erhebung von Daten verfügt sowie die hinreichenden Fähigkeiten und Kompetenzen hat, gehört zu dem Verantwortungsgebiet des Top-Managements. Bei Bedarf ist zusätzlich ein Energiemanagement-Team zu bilden. Für die Unterstützung des EnMS sowie zur Sicherstellung seiner kontinuierlichen Verbesserung soll das Top-Management außerdem die folgenden Aufgaben übernehmen:

- die Definition und Aufrechterhaltung einer Energiepolitik, die als Grundlage des EnMS gilt;
- die Bereitstellung erforderlicher Ressourcen (personelle, technische und finanzielle Mittel) für die Erreichung der Ziele des EnMS;
- die Festlegung der Grenzen des EnMS;
- die Festlegung strategischer und operativer Energieziele, angemessener Energieleistungskennzahlen (EnPIs) und die Sicherstellung der Messung und Berichterstattung über Ergebnisse in festgelegten Zeitabständen;
- die etwa jährliche Bewertung der Ergebnisse des EnMS im Zuge eines Management-Reviews.

Der vom Top-Management beauftragte Energiemanager übernimmt die operative Ausrichtung des EnMS. Durch ihn wird unter anderem sichergestellt, dass das System in Übereinstimmung mit der ISO 50001 eingeführt, verwirklicht, aufrechterhalten und kontinuierlich verbessert wird. Zu seinen Aufgaben zählt die Berichterstattung an das Top-Management über die energiebezogene Leistung und die Leistung des EnMS, die Sicherstellung der Eignung von Energiemanagement-Aktivitäten zur Unterstützung der Energiepolitik und die Festlegung weiterer Verantwortlichkeiten für den Betrieb des EnMS. Weiter sind von ihm die notwendigen Kriterien und Methoden für den Betrieb und die Überwachung des EnMS festzulegen und das Bewusstsein der Energiepolitik und der strategischen Energieziele über alle Ebenen der Organisation hinweg zu fördern [1]. Von ihm wird außerdem ein Energieteam gebildet und koordiniert [45].

3.2.2 Energiepolitik

Im Rahmen der Energiepolitik positioniert sich das Top-Management durch die Definition von Leitlinien und Hauptzielen bezüglich der Ausrichtung seines Energiemanagements sowie bezüglich der Art und des Umfangs des Energieeinsatzes und des Energieverbrauchs. Sie bildet den Ausgangspunkt für ein funktionierendes, strukturiertes EnMS [45]. Inhaltlich sollten folgende Punkte verankert sein:

- eine Verpflichtung zu einer kontinuierlichen Verbesserung der energetischen Leistung und zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von Information und notwendigen Ressourcen zur Erreichung der strategischen und operativen Energieziele;
- eine Verpflichtung zur Einhaltung aller rechtlichen und sonstigen Anforderungen;
- Leitprinzipien und richtungsweisende Ziele;
- eine Absichtserklärung, den Erwerb energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen zu unterstützen, die zur Verbesserung der energetischen Leistung bestimmt sind.

Die Energiepolitik muss über alle Ebenen der Organisation hinweg dokumentiert und kommuniziert sowie regelmäßig überprüft und aktualisiert werden. Das Engagement hinsichtlich einer effizienten Kommunikation sollte in der Energiepolitik Erwähnung finden [1] [37].

3.3 Die Ausgestaltung des PDCA-Zyklus im Energiemanagement

Managementprozesse können in ihrer grundsätzlichen Form als geschlossener Kreislauf beschrieben werden [3]. Es werden „Entscheidungen über zu erreichende Ergebnisse und die dafür notwendigen Maßnahmen getroffen“ und durchgeführt und „die erzielten Ergebnisse im Rahmen einer Kontrolle mit den ursprünglich erwünschten Ergebnissen verglichen.“ (vgl. [3], S. 36). Anhand des Abgleichs der Soll- und Ist-Werte entsteht eine neue Informationsgrundlage, auf deren Basis neue Entscheidungen generiert werden, der Kreis schließt sich und der Managementprozess beginnt von neuem. [3] Der Prozess basiert dabei auf dem Konzept der kontinuierlichen Verbesserung (kontinuierlicher Verbesserungsprozess, KVP). Durch einen KVP soll sichergestellt werden, dass es nicht bei einmaligen Entscheidungen oder einer einmaligen Implementierung eines Managementsystems bleibt, sondern dass konstant Verbesserungen durch regelmäßige Überprüfungen und Anpassungen erzielt werden [50]. Die Struktur der ISO 50001 orientiert sich daher am PLAN-DO-CHECK-ACT-Zyklus (PDCA-Zyklus): durch einen sich dynamisch wiederholenden Regelkreis, soll die energiebezogene Leistung eines Unternehmens kontinuierlich verbessert werden. Innerhalb dieses systematischen Vorgehens werden Prozesse und Verfahren regelmäßig überprüft, wodurch Verbesserungspotenziale identifiziert und entsprechende Maßnahmen (z.B. Energieeffizienzmaßnahmen) geplant und umgesetzt werden können. Es lassen sich die vier Schritte Planung, Einführung/Umsetzung, Überwachung und Weiterführung identifizieren. Die Abbildung 6

bildet die zu den jeweiligen Schritten gehörenden Normkapitel der ISO 50001 ab. In den folgenden Kapiteln werden die Prozesse umfassend dargestellt und mit einigen Umsetzungsbeispielen hinterlegt.

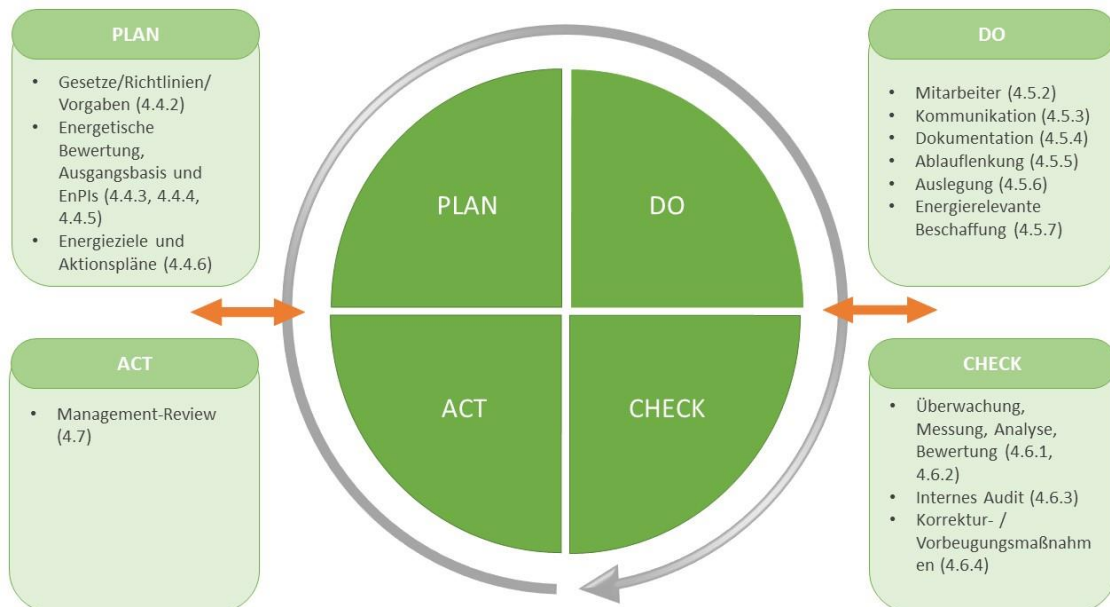


Abbildung 6: Der PDCA-Zyklus mit Anforderungen aus der ISO 50001

3.3.1 PLAN

Im Kapitel 4.4.1 der ISO 50001 wird gefordert, dass, für die organisatorische Ausgestaltung des EnMS, zunächst ein Energieplanungsprozess durchgeführt und dieser dokumentiert wird [9]. Hierfür werden Informationen aggregiert, die dem Management zur Zielfestlegung von Energieeinsparmaßnahmen helfen. Aufbauend auf der zuvor definierten Energiepolitik (die strategische Ausrichtung der Energiepolitik muss beim Energieplanungsprozess beibehalten werden) findet in der Energieplanung zunächst eine energetische Bewertung, eine Berechnung der energetischen Ausgangsbasis, die Festlegung von Energieleistungskennzahlen und die Definition konkreter strategischer und operativer Energieziele statt. Es werden Aktionspläne erstellt, die angeben, welche Maßnahmen zur Erreichung der festgelegten Ziele durchgeführt werden müssen und welche Ressourcen dafür benötigt werden. Im Zuge der Energieplanung werden außerdem geltende energierelevante rechtliche Vorschriften und andere Anforderungen bezüglich Energieeinsatz, -verbrauch und -effizienz ermittelt und Maßnahmen definiert, wie diese bei der Einführung, Verwirklichung und Aufrechterhaltung des EnMS umgesetzt werden sollen. [1]

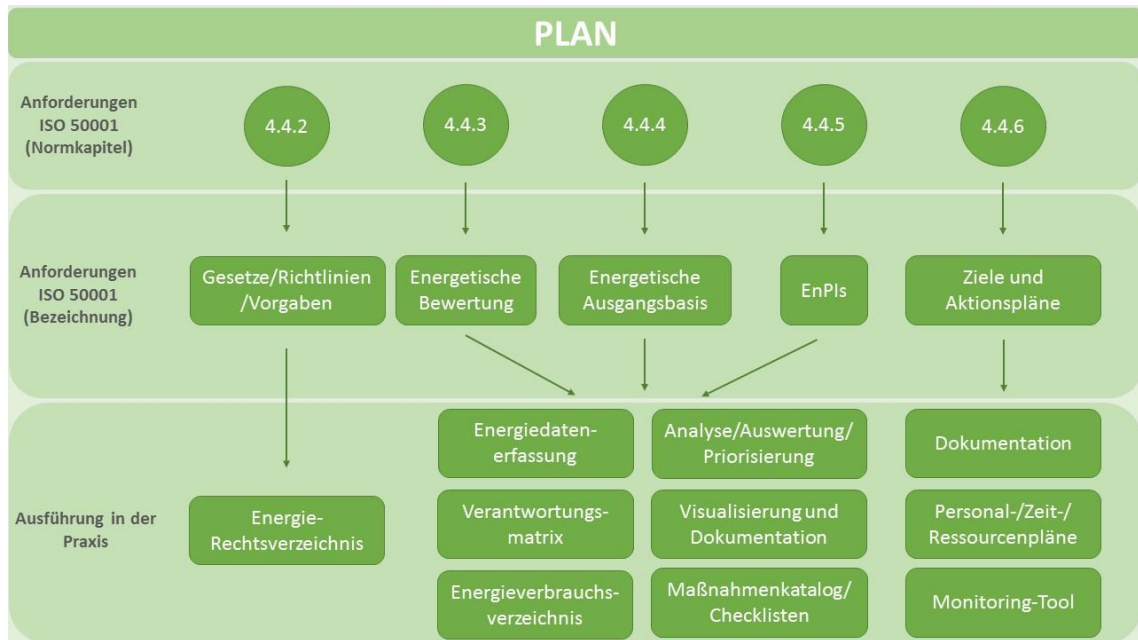


Abbildung 7: Anforderungen an den Energieplanungsprozess mit Beispielen für die praktische Umsetzung

Ermittlung rechtlicher Vorschriften und anderer Anforderungen

Durch die systematische Aufnahme aller geltenden Vorschriften und Anforderungen soll sichergestellt werden, dass sich Unternehmen an bestimmte Grundsätze halten und ihrer in der Energiepolitik festgelegten Selbstverpflichtung bezüglich der Einhaltung rechtlicher und sonstiger Anforderungen gerecht werden [7] [9]. Rechtliche Anforderungen können internationaler, nationaler, regionaler und örtlicher Art sein. Andere Anforderungen sind beispielsweise Anforderungen von Kunden oder Muttergesellschaften oder freiwillige Prinzipien. Die Anforderungen müssen in festgelegten Zeitabständen hinsichtlich ihrer Einhaltung und Aktualität überprüft werden [1]. Eine Möglichkeit, die gesetzlichen Anforderungen übersichtlich und strukturiert darzustellen, ist das Anlegen eines Energie-Rechtsverzeichnisses. Je nach Größe des Unternehmens kann eine tabellarische Auflistung oder eine umfassende Datenbank sinnvoll sein [45]. Hier können die Rechtsvorschriften und Anforderungen, die zu ergreifenden Maßnahmen, der/die Rechtsgebietsverantwortliche, der Prüfstand sowie Prüfergebnisse dokumentiert werden [9].

Energetische Bewertung

Eine Grundlage sämtlicher Aktivitäten des Energiemanagements ist die detaillierte energetische Bestandsaufnahme des Unternehmens. Ziel ist es, einen detaillierten Überblick über die betriebseigenen Energieströme zu bekommen sowie die wesentlichen Energie-

einsatzbereiche der Organisation zu identifizieren. Die ISO 50001 beschreibt die energetische Bewertung als einen Prozess der Bestimmung und Bewertung des Energieeinsatzes, der dazu dient, Bereiche mit signifikanten Energieeinsatz zu definieren und die Möglichkeiten zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung zu bestimmen. Sie bildet die Grundlage für die weiteren Schritte im Energieplanungsprozess, da eine Formulierung strategischer Ziele nur dann stattfinden kann, wenn der aktuelle Stand und wesentliche Entwicklungen aus der Vergangenheit bekannt sind [9]. Gemäß der ISO 50001 sollen in die energetische Bewertung die folgenden Parameter einfließen:

- eine Analyse des Energieeinsatzes und des Energieverbrauchs, das heißt die Ermittlung der derzeitigen Energiequellen und die Bewertung des bisherigen und aktuellen Energieeinsatzes und -verbrauchs;
- eine Identifikation der Bereiche mit wesentlichem Energieeinsatz und wesentlichem Energieverbrauch, also jene Anlagen, Standorte, Einrichtungen, Systeme, Prozesse sowie des in diesem Bereich tätigen Personals mit dem größten Einfluss auf den Energieverbrauch und die Energieeffizienz des Unternehmens sowie
- eine Ermittlung der Möglichkeiten für die Verbesserung der energiebezogenen Leistung [1] [9].

Für die Datenaufnahme des Energieverbrauchs sind geeignete Messmittel zu wählen, die in Kapitel 3.4.3 genauer betrachtet werden. Es können verschiedene Datenquellen genutzt werden, so beispielsweise Energierechnungen, Zählerstände, Energieberichte des Gebäudemanagements oder Informationen der Verwaltung. Je nach Analysetiefe (Grob-/Feinanalyse) finden die Messungen unternehmensweit oder auf Anlagen- oder Prozessebene statt. Dabei gilt der Grundsatz: „Je höher der Verbrauch, desto feiner sollte die Messung sein; und je detaillierter die Messung, desto leichter können Einsparpotenziale aufgedeckt werden.“ (vgl. [45], S. 31). Bei einer Grobanalyse auf Unternehmensebene können die gesamtbetrieblichen Energieströme tabellarisch erfasst werden und nach Betriebsbereichen und Produktionsprozessen unterteilt werden. Sie beinhaltet

- die Erfassung des Energiebezugs nach Energieträger, Zeitraum, Menge und Kosten;
- die Zuordnung zu Verbrauchern nach Energieträger, Zeitraum, Menge und Kosten;
- die Erfassung der Produktionsrahmendaten nach Zeitraum, Produkt, Menge, Wert, Umsatz;

- die Erfassung der Energieausgänge (z.B. Abwärme) nach Zeitraum, Bereich, Menge, Wert [57].

Bei einer Feinanalyse werden die Energieströme auf Maschinen- und Anlagenebene innerhalb eines festgelegten Bilanzraumes erfasst. Dabei müssen Prozess- und Maschinenparameter berücksichtigt und in Bezug mit Rahmendaten wie Raumklima, Produktionsportfolio, Durchsatz, Taktzeiten, Schichtbetrieb und ähnliche gesetzt werden. Dabei werden

- ein Energielageplan zur Lokalisierung und Visualisierung der Hauptverbraucher erstellt;
- wesentliche Treiber des Energieverbrauchs ermittelt und Prioritäten abgeleitet;
- Lastverläufe und Verbrauchswerte anhand von Lastprofilen analysiert;
- Sonder- und Einzelmessungen durchgeführt und dokumentiert (Messstelle, Messgerät, Messgenauigkeit, Zeitpunkt, Zeitraum, Zeitintervall) [ebd.].

Für die Ermittlung der Bereiche mit wesentlichem Energieeinsatz und wesentlichem Energieverbrauch bietet sich zunächst das Anlegen eines Verbraucherverzeichnisses (hier: Energielageplan) an, in welchem Informationen über die Bereiche, die Verbraucher, die Maschinen, Verknüpfungen zu Messdaten und Messplänen, die Energieträger, die Verantwortlichkeiten und notwendige Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen verzeichnet werden. Darauf aufbauend können die Energieverbraucher mit dem größten Einfluss auf die Energiekosten anhand verschiedener Analysemethoden identifiziert werden. In der Praxis bewährt haben sich insbesondere Methoden wie die ABC-Analyse, die Visualisierung der Energieströme mit Mengenstromdiagrammen (Sankey-Diagramme) oder Energielandkarten [7]. Eine Vorgehensweise zur Analyse der Stellen, Positionen und Mitarbeiter, die mit den bedeutenden Energieeinsatzbereichen innerhalb des Unternehmens zu tun haben, ist die Erstellung einer Verantwortungsmatrix, in der alle für das EnMS relevanten Tätigkeiten aufgelistet und definiert und Verantwortlichkeiten festgelegt werden [9].

Anhand der Daten aus der Feinanalyse werden Maßnahmen zur Umsetzung abgeleitet. Hier sollte eine Priorisierung anhand verschiedener Entscheidungskriterien stattfinden. Wesentliche Kriterien sind beispielsweise die Höhe der Investitionskosten, Amortisationszeiten, die eingesparten Energiemengen und -kosten, die Wirtschaftlichkeit und die Umweltrelevanz. Zudem sollte eine kritische Prüfung hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf den Fertigungsprozess stattfinden [57]. Für Unternehmen ist es außerdem wesentlich, die Trends und Entwicklungen ihres Energieverbrauchs intern zu beobachten

und Vergleiche mit Branchenstandards oder anderen Unternehmensbereichen durchzuführen. Bei diesem Prozess handelt es sich um das interne beziehungsweise das externe Benchmarking.

Die Abbildung 8 stellt die Schritte, die im Rahmen der energetischen Bewertung durchzuführen sind, nochmals visuell dar.

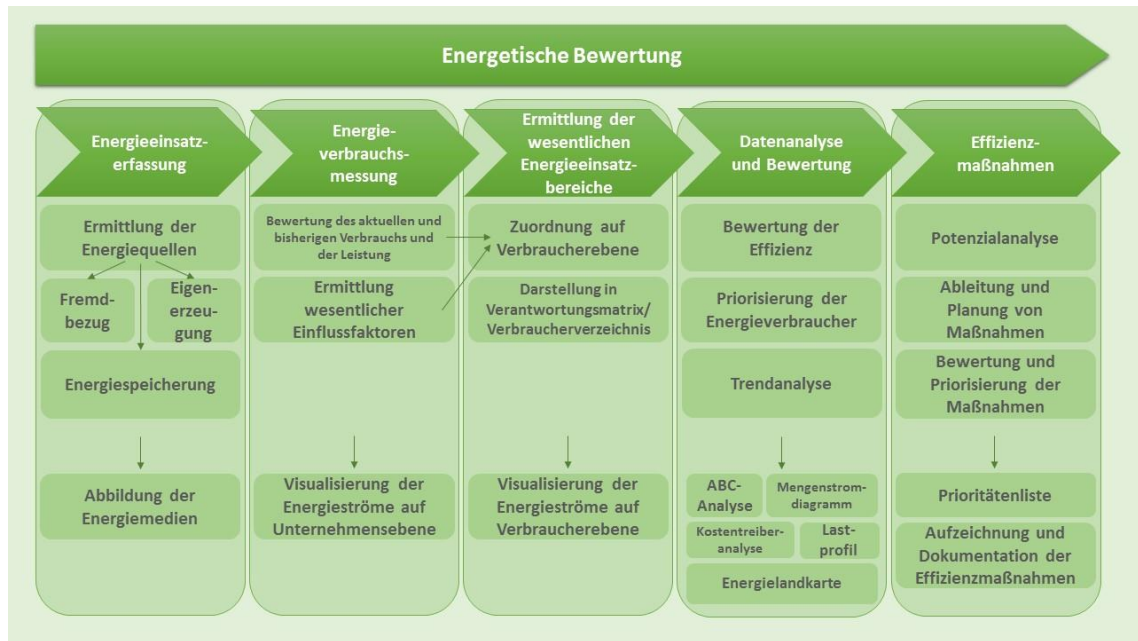


Abbildung 8: Visuelle Darstellung des Prozesses der energetischen Bewertung

Energetische Ausgangsbasis

Die energetische Ausgangsbasis ist ein Referenzwert, der zum Vergleich zukünftiger Werte der energiebezogenen Leistung unterschiedlicher Perioden, herangezogen wird. Sie beinhaltet Informationen über Variablen, die einen Einfluss auf die energiebezogene Leistung nehmen und kann der Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen dienen, indem Zustände vor und nach der Einführung der Maßnahmen verglichen werden. Die energetische Ausgangsbasis kann im Zuge der zuvor durchgeführten energetischen Bewertung generiert werden und sollte Daten aus einem möglichst aussagefähigen Zeitraum beinhalten. Sie sollte regelmäßig auf ihre Aktualität geprüft werden und bei Bedarf angepasst werden, sollten beispielsweise wesentliche Veränderungen an Prozessen oder Anlagen vorgenommen werden [1].

Energieleistungskennzahlen

Für die ständige Überwachung und Messung der energiebezogenen Leistung werden geeignete quantitative Messgrößen, sogenannte Energieleistungskennzahlen, festge-

legt. Sie dienen der Beurteilung der energetischen Güte eines Prozesses, der quantifizierbaren, reproduzierbaren und vergleichbaren Darstellung wesentlicher Entwicklungen des Energieverbrauchs und der Bewertung von Maßnahmen im Rahmen des EnMS. Außerdem werden sie als quantitatives Maß für die Beschreibung der energetischen Ausgangsbasis genutzt [7] [9]. Bis zu einem gewissen Grad eignen sie sich daher für die Fokussierung von Handlungsbereichen und zur Planung, Steuerung und Kontrolle von Maßnahmen, da sie Veränderungen von Verbräuchen transparent darstellen und Potenziale zur Verbesserung der energetischen Leistung sichtbar machen [2] [48] [50]. Man kann zwischen mengenbezogenen und zeitbezogenen Kennzahlen unterscheiden, die entweder für Quervergleiche (übergreifende und interne Betriebsvergleiche, Anlagen- oder Bereichsanalysen o.ä.) oder Soll-Ist-Vergleiche herangezogen werden [7]. Grundsätzliche Anforderungen, die an die Kennzahlen gestellt werden, sind ihre Zweckmäßigkeit, ihre Genauigkeit, ihre Aktualität sowie ihre Kosten-Nutzen-Relation [2]. Beispiele sind der spezifische Energieverbrauch oder die spezifischen Energiekosten bezogen auf Einheiten wie Produkteinheit, Produktionsmenge, Anlage, Zeit oder gefahrene Kilometer oder der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch eines Unternehmens. Die Kennzahlen sollten dabei nicht trivial festgelegt werden, sondern vor allem auf Grundlage der wichtigsten Einflussfaktoren, in Bezug auf das Ziel der Analyse, ausgewählt werden.

Genutzt werden die Kennzahlen beispielsweise vom Top-Management (z.B. Festlegung von Zielen, energetische Bewertungsgrundlage), vom Controlling (z.B. Plausibilitätskontrolle, Überprüfung von Zielen), vom Energiebeauftragten (z.B. Festlegung spezifischer Leistungsziele), von der Einkaufsabteilung (z.B. Abschätzung des Energiebedarfs), vom internen und externen Berichtswesen (z.B. Berichten über Erfolge und Leistungen) und als Sensibilisierungsinstrument für die Mitarbeiter (z.B. Sensibilisierung durch Visualisierung) [48].

Neben der Entwicklung geeigneter Kennzahlen müssen zudem geeignete Instrumente gefunden werden, um die erschlossenen Informationen aufzubereiten, darzustellen und auszuwerten. Zudem bildet die Datenerfassung die Informationsgrundlage für die Kennzahlen [50]. Für die Aufzeichnung und Auswertung der Daten kann eine geeignete Softwarelösung hilfreich sein, da hier eine lückenlose, schnelle Datenerfassung sowie eine langfristige Dokumentation gewährleistet wird.

Energieziele

Energieziele dienen der Umsetzung der definierten Energiepolitik. Wie auch die Energiestrategie sollten die Energieziele stets im Einklang mit den Gesamtunternehmenszielen stehen, sodass sie als wertschöpfend wahrgenommen werden. Sie sollten jedem

Mitarbeiter bekannt und nachvollziehbar sein [6]. Es wird dabei zwischen zumeist langfristig ausgelegten, strategischen und mittel- bis kurzfristig ausgelegten, operativen Energiezielen unterschieden. Während die strategischen Ziele den Festlegungen der Energiepolitik folgen, stellen die operativen Ziele eine Weiterführung der strategischen Ziele dar. Es müssen externe Anforderungen und die in der energetischen Bewertung ermittelten Möglichkeiten zur Verbesserung der energetischen Leistung berücksichtigt werden. Die Formulierung der Energieziele sollte „SMART“ sein, das heißt spezifisch, messbar, attraktiv, realistisch und terminiert. Hier sollte insbesondere sichergestellt werden, dass die operativen Ziele messbar sind, sodass die Erreichung derer im weiteren Verlauf des PDCA-Zyklus bewertet werden kann [1].

Aktionspläne

Aktionspläne sind wesentliche Dokumente für die Einführung und Umsetzung eines EnMS, da sie die festgelegten Ziele durch konkrete Maßnahmen operationalisieren. Neben inhaltlichen Aspekten bezüglich der Umsetzungsmethode, werden dort besonders organisatorische Erfordernisse eingebettet, beispielsweise in Form von Personal-, Zeit- und Ressourcenplänen [1] [6]. Sie sind regelmäßig zu aktualisieren und müssen so abgespeichert werden, dass sie von allen Mitarbeitern sinnvoll verwendet werden können [58]. Für die Überprüfung des Status‘ der jeweiligen Maßnahme empfiehlt sich ein Monitoring-Tool, mit dem Transparenz über derzeitige Entwicklungen geschaffen werden kann. Dies ist insbesondere relevant für die Erfolgsmessung – und steuerung im Rahmen des Energiecontrollings [6].

3.3.2 DO

In der Einführungs- und Umsetzungsphase werden die im Planungsprozess erstellten Aktionspläne und weitere Ergebnisse umgesetzt. Dabei werden Ressourcen bereitgestellt, Prozesse gesteuert und durchgeführte Aktivitäten dokumentiert. Im Rahmen der ISO 50001 werden hier die Sensibilisierung und Schulung der Mitarbeiter, die Ausgestaltung der internen Kommunikation, die Anforderungen an die Dokumentation und die Lenkung von Dokumenten festgelegt. Zudem wird gefordert, Abläufe energierelevanter Prozesse zu definieren und die Auslegung von Anlagen, Standorten oder Prozessen sowie Kriterien zur Beschaffung energierelevanter Produkte festzulegen.

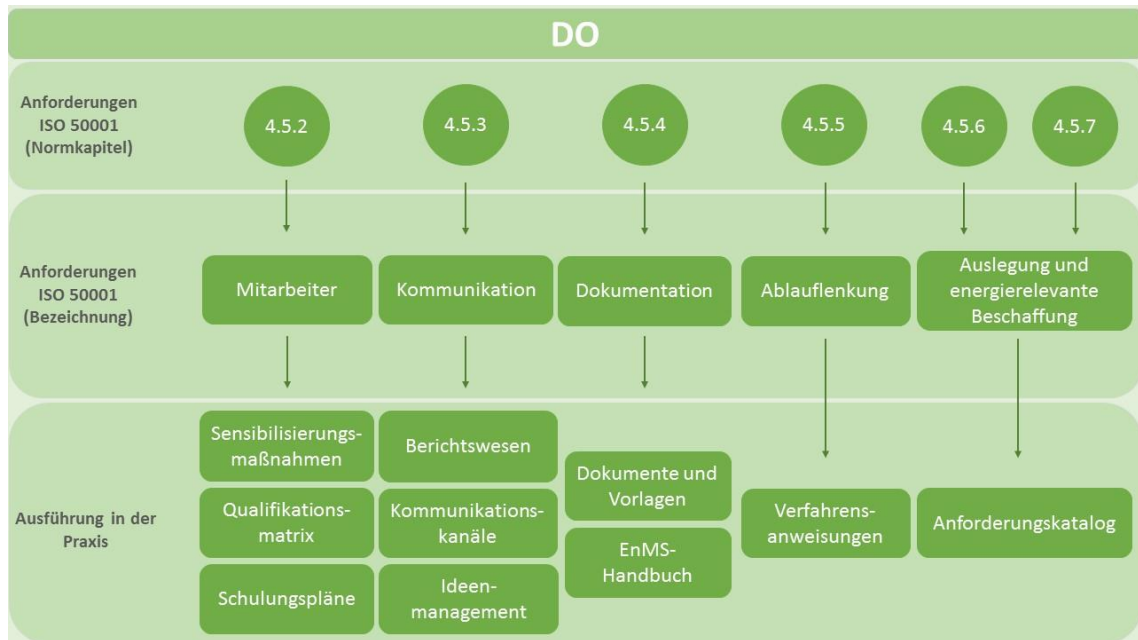


Abbildung 9: Anforderungen an die Einführungs- und Umsetzungsphase mit Beispielen für die praktische Umsetzung

Einbezug der Mitarbeiter

Bei der Einführung und Umsetzung von Maßnahmen ist es Aufgabe des Unternehmens, Mitarbeiter sowie Lieferanten und Dienstleister, die mit den wesentlichen Energieeinsatzbereichen und dem Betrieb des EnMS zu tun haben, verstärkt einzubeziehen und angemessen zu befähigen [37]. Gut ausgebildete Mitarbeiter gelten als wichtiger „Baustein“ für den Erfolg des EnMS [7]. Der Know-How-Transfer über alle Ebenen hinweg soll eine schnelle Durchdringung von Einsparanstrengungen im gesamten Unternehmen ermöglichen. Die Festlegung der Mitarbeiter mit wesentlichem Einfluss auf die Energiebereiche des Unternehmens und mit wesentlicher Funktion im EnMS, ist bereits im Zuge der energetischen Bewertung erfolgt [9]. Nun müssen geeignete Sensibilisierungsmaßnahmen ergriffen werden. So müssen die Mitarbeiter beispielsweise über den Einfluss ihrer Tätigkeit auf den Energieeinsatz und -verbrauch in Kenntnis gesetzt werden und, wie ihr Verhalten zu dem Erreichen strategischer und operativer Energieziele beitragen kann. Geeignete Kanäle für Sensibilisierungsmaßnahmen können beispielsweise das Intranet, Flyer oder Informationskampagnen sein. Es eignen sich interne Workshops zur aktiven Kommunikation der Energiepolitik. Als weiteren Schritt sind die Fähigkeiten der Mitarbeiter und ihr Wissen durch angemessene Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen zu stärken, so dass eine effektive Umsetzung des EnMS sichergestellt wird. Insbesondere sind hier Kenntnisse bezogen auf den Stand der Technik im Bereich von Effizienztechnologien erforderlich [7]. Neben der Planung konkreter Weiterbildungen für bestimmte Mitarbeiter sollte ein allgemeines Schulungsprogramm aufgestellt werden,

dass regelmäßig gepflegt und überprüft werden muss [7]. Die Schulungen sollten Grundwissen zu spezifischen Einsparmöglichkeiten in den jeweiligen Bereichen beinhalten [9] [45]. Im Planungsprozess der Schulungen sollte festgelegt werden, welche genauen Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeiter gestellt werden [9]. Der Schulungsbedarf der Mitarbeiter wird bestenfalls in Absprache mit der Personalabteilung ermittelt. Aufbauend auf die in der energetischen Bewertung erstellten Verantwortungsmatrix eignet sich hier eine Qualifikationsmatrix, in der der mitarbeiterspezifische Schulungsbedarf sowie der aktuelle Ausbildungsstand dokumentiert wird [7].

Interne und externe Kommunikation

Im Rahmen der Kommunikation des EnMS wird zwischen der internen und der externen Kommunikation unterschieden. Die interne Kommunikation ist wichtig, um Mitarbeiter ausreichend einzubeziehen und ihren Beitrag zur Energieeinsparung wertzuschätzen [7]. Es steht Unternehmen frei, ob sie extern Informationen über ihr EnMS preisgeben, die Entscheidung ist jedoch zu dokumentieren [1]. In beiden Fällen (intern und extern) sind Methoden des Berichtswesens einzuführen und umzusetzen, die die Kommunikation verwirklichen. Im Rahmen der internen Kommunikation legt die ISO 50001 insbesondere Wert darauf, dass ein System eingeführt wird, das Mitarbeitern oder intern beteiligten Personen die Möglichkeit geben soll, Kommentare oder Verbesserungsvorschläge zum EnMS abzugeben [ebd.]. Denkbar ist dies zum Beispiel bei der Erarbeitung der Aktionspläne: hier kann ein Ideenmanagement genutzt werden, durch das interessierte Mitarbeiter aus ihrer Sicht mögliche Energieeffizienzmaßnahmen darlegen können, die in die Aktionspläne einfließen [58]. Zur Realisierung können beispielsweise Ideen-Boxen, Befragungen oder interaktive Software-Lösungen genutzt werden.

Dokumentation

Im Normkapitel 4.5.4 der ISO 50001 werden Anforderungen an Dokumentationsinhalte sowie an die Lenkung von Dokumenten gestellt. Inhaltlich sind der Geltungsbereich des EnMS, die Energiepolitik, die Energieziele und Aktionspläne und alle Dokumente und Aufzeichnungen, die von der Norm gefordert werden zu dokumentieren. Das Unternehmen kann weitere Dokumente, dass es für sein EnMS als relevant betrachtet mit in die Dokumentation im Sinne der ISO 50001 einbinden [1]. Es empfiehlt sich, ein Handbuch über das EnMS zu erstellen, in dem der Geltungsbereich des Systems und alle Prozesse und deren Verknüpfungen beschrieben werden. Zusätzlich sollten dort Aussagen über die Energiepolitik, die Verteilung der Verantwortlichkeiten und die Organisationsstruktur Verankerung finden. Konkretisiert wird das EnMS-Handbuch durch Prozessbeschreibungen, Richtlinien und Formulare beziehungsweise Vorlagen und Arbeitshilfen [7] [9]

Mögliche Lösungen für ein EnMS-Handbuch sind Papierhandbücher oder digitale Handbücher sowie lizenzkostenfreie oder kommerzielle Lösungen [7]. Im Kapitel 3.6 werden weitere mögliche Inhalte eines EnMS-Handbuchs aufgezeigt.

Dokumente müssen strukturiert gelenkt werden. Dazu gehört die Überprüfung ihrer Angemessenheit und ihrer Aktualität, die Möglichkeit der Rückverfolgung von Revisionen, die Sicherstellung der Verfügbarkeit aktueller Dokumente, die Garantie der dauerhaften Lesbarkeit, der angemessene Umgang mit externen Dokumenten sowie der angemessene Umgang mit veralteten oder ungültigen Dokumenten [1] [9]. Zur Lenkung der Dokumente muss ein Verfahren entwickelt werden, dass die zuvor genannten Punkte umsetzen soll. Hierfür eignet sich die Erstellung einer Verfahrensanweisung zur Dokumentenlenkung. Hier werden die Erstellung, die Prüfung, die Freigabe und die Änderung von Dokumenten geregelt. Alle Dokumente sollten zudem einheitlich gestaltet sein. Dafür eignen sich Dokumentenvorlagen. Möglich ist ein Dokumentencenter, in dem alle wesentlichen Dokumente dauerhaft hinterlegt werden [9].

Ablauflenkung

Die Ablauflenkung dient der Steuerung aller energierelevanten Prozesse und Abläufe und der organisatorischen Verfahren des EnMS. Durch die Steuerung soll sichergestellt werden, dass alle Abläufe unter festgelegten Randbedingungen wirksam ausgeführt werden. Das Unternehmen muss Kriterien und Vorgaben festlegen und umsetzen und in angemessener Weise intern kommunizieren. Eine effektive Umsetzung wird durch konkrete Verfahrensanweisungen erreicht [1] [9]. Dafür eignet sich die Verankerung im EnMS-Handbuch.

Auslegung und energierelevante Beschaffung

In diesen Kapiteln der Norm wird eine Bewertung jeglicher Veränderungen im Unternehmen, die eine Auswirkung auf den wesentlichen Energieeinsatz haben, verlangt. Zudem soll das Unternehmen Kriterien für den Energieeinsatz, den Energieverbrauch sowie die Energieeffizienz geplanter Produkte, Einrichtungen und Dienstleistungen einführen und verwirklichen. Kritisch betrachtet werden sollten außerdem die geltenden rechtlichen und anderen Anforderungen. Daraus entstehen soll ein Anforderungskatalog, der, zusätzlich zu Kostenkriterien, Anforderungen an die Energieeffizienz beinhalten muss. (ISO, Geil) So soll sichergestellt werden, „dass Investitionen in neue oder zu verändernde Anlagen/Standorte nicht nur kostengünstig, sondern insbesondere energieeffizient sind.“ (vgl. [7], S. 78). Bei der Wahl von Lieferanten sollten zertifizierte Lieferanten bevorzugt werden [7].

3.3.3 CHECK

In der Überprüfungsphase werden bis dahin ergriffene Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit überprüft. Die Prozesse „Überwachung, Messung und Analyse“, „Bewertung der Einhaltung rechtlicher Vorschriften und anderer Anforderungen“, „Interne Auditierung des Energiemanagementsystems“ und „Nichtkonformitäten, Korrekturen, Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen“ sowie deren Aufzeichnung sind hier verankert.

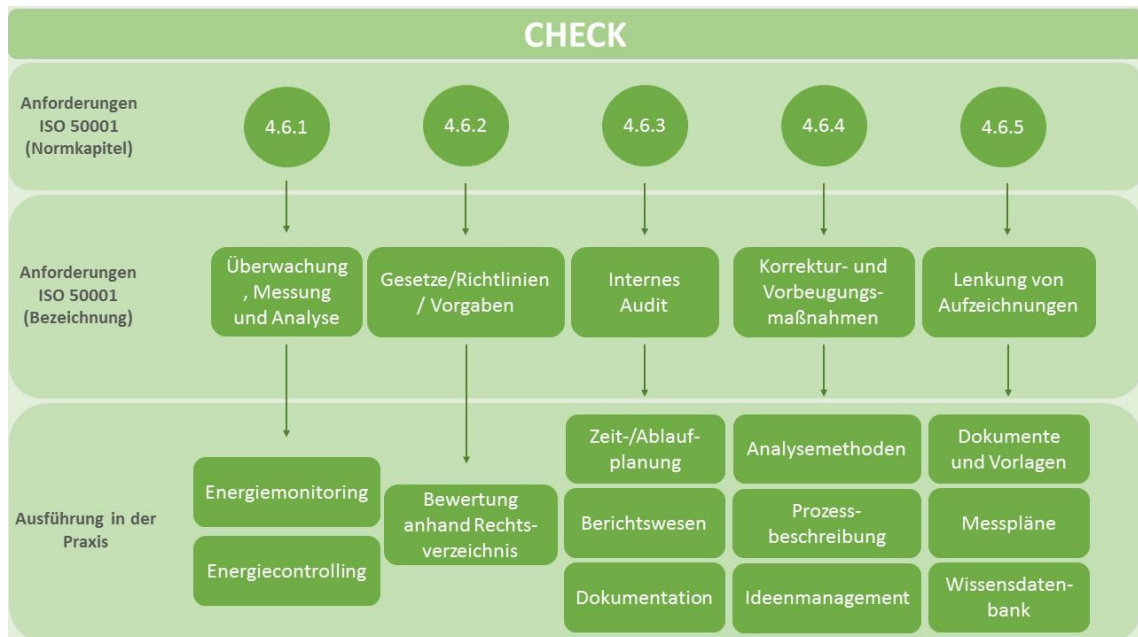


Abbildung 10: Anforderungen an die Überprüfungsphase mit Beispielen für die praktische Umsetzung

Überwachung, Messung und Analyse

Überwacht, gemessen und analysiert werden sollten jene Prozesse, die die energiebezogene Leistung des Unternehmens bestimmen. Im Fokus stehen dabei die Überprüfung der wesentlichen Energieeinsatzbereiche sowie weitere Ergebnisse der energetischen Bewertung. Untersucht werden außerdem die relevanten Variablen der wesentlichen Energieeinsatzbereiche, die Energieleistungskennzahlen, Aktionspläne und der Erfüllungsgrad strategischer und operativer Ziele sowie die Bewertung des aktuellen Energieverbrauchs gegenüber des prognostizierten. Im diesem Rahmen muss außerdem die Einhaltung rechtlicher Vorschriften und anderer eingegangener Verpflichtungen bewertet werden. Wesentliche Abweichungen sind zu untersuchen und geeignete Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

Wenn möglich und je nach Größe des Unternehmens sollte die Aufnahme der Daten durch Überwachungs- und Messsysteme mithilfe von Softwareanwendungen erfolgen,

„die in der Lage sind, Daten zu konsolidieren und automatische Analysen zu liefern.“ [1]. Es kann jedoch auch ein rein manuelles Zählersystem ausreichend sein. Sichergestellt werden muss allerdings, dass die verwendeten Messeinrichtungen fehlerfreie und reproduzierbare Daten liefern. Zählereinrichtungen müssen daher regelmäßig kalibriert oder geeicht und dadurch auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden. Bei der Energieverbrauchs-messung kann zwischen kurzzeitigen Messungen mit mobiler Messtechnik und kontinuierlichen Messungen mit stationären Energiemonitoringsystemen unterschieden werden. Stationäre Energiemonitoringsysteme ermöglichen eine Echtzeiterfassung, -auswertung und -darstellung von Energieverbräuchen. Insbesondere für große Unternehmen ist es sinnvoll unternehmenseigene Messeinrichtungen mit Zählern und Auswertungssystemen einzurichten. Für kleinere Unternehmen reichen oftmals Messungen durch die Hauptzähler von EVU und rechnerische Aufarbeitungen des Energieverbrauchs aus. Die Wahl erfolgt dabei nach den wirtschaftlichen Möglichkeiten der Unternehmen [7] [9].

Internes Managementaudit

Nach der ISO 50001 ist es neben der Überwachung energetischer Kennzahlen und Daten zudem erforderlich, zur Aufrechterhaltung des Managementsystems, das EnMS selbst regelmäßig zu überprüfen. In geplanten Zeitabständen muss daher ein internes Audit durchgeführt werden, in dessen Rahmen das eingeführte EnMS hinsichtlich der folgenden Punkte untersucht wird:

- Konformität mit den Anforderungen der ISO 50001;
- Durchführung im Einklang vorausgegangener Zielsetzungen (Ausgestaltung des EnMS sowie operative und strategische Energieziele);
- Wirksamkeit des EnMS;
- kontinuierliche Verbesserung der energiebezogenen Leistung.

Das Audit ist nach einem festgelegten Zeit- und Ablaufplan durchzuführen und hat alle Prozesse und Bereiche zu berücksichtigen, die im Vorfeld als energierelevant eingestuft worden sind. Es sollte ein Auditplan erstellt werden, der unter Berücksichtigung vorausgegangener Auditergebnisse außerdem den zu auditierenden Unternehmensbereich, den Termin und die Dauer des Audits, die zu auditierenden Themen sowie den Auditor festhält. Durchgeführt werden muss das Audit durch einen objektiven und unparteiischen Auditor. Die Ergebnisse des Audits müssen aufgezeichnet und an das Top-Management

berichtet werden. Der Auditbericht stellt abschließend die wesentlichen Inhalte des Audits sowie die festgestellten Ergebnisse dar. Vom Top-Management werden die Ergebnisse daraufhin bewertet, ob ein konkreter Handlungsbedarf besteht [1] [9].

Korrektur und Vorbeugung

Nicht-Konformitäten treten auf, wenn bestimmte Anforderungen nicht erfüllt werden. Gemäß der ISO 50001 handelt es sich dabei um die nicht fristgerechte Erfüllung qualitativer und quantitativer Ziele. Nichtkonform ist außerdem ein nicht zielorientiert arbeitendes EnMS. Beispiele für Nichtkonformitäten sind unklar definierte Energieziele, nicht aussagekräftige Leistungskennzahlen oder ein nicht funktionsfähiges Messequipment und daher nicht plausible Messdaten. Sie sind im Rahmen dieses Schrittes zu identifizieren und zu beheben, da so sichergestellt wird, dass Führungs-, Kern- und Unterstützungsprozesse effizient und wirksam durchgeführt werden. Es ist dabei festzustellen, aus welchen Gründen Nicht-Konformitäten aufgetaucht sind (beispielsweise in Form eines Ursachen-Wirkungsdiagramms), welcher Handlungsbedarf vorliegt, sodass diese nicht erneut auftreten und mit welchen Aktivitäten dieser verbunden ist (Beschreibung der operativen Prozesse). Auch hier eignet sich ein internes Ideenmanagement oder ein betriebliches Vorschlagswesen, um eine Sammlung potenzieller Effizienzmaßnahmen zu generieren. Die Vorschläge der Mitarbeiter sollten dabei stets auf ihr Potenzial zur Verbesserung der energetischen Leistung überprüft werden [1] [7] [9].

Aufzeichnung

Für die Aufzeichnungen im Rahmen der Überprüfungsphase müssen notwendige Aufzeichnungsdokumente erstellt und gepflegt werden. Sie müssen identifizierbar, wieder auffindbar und rückverfolgbar sein [1]. Es sollten insbesondere die Planung und Durchführung der Messungen und die dazugehörigen Prüf- und Messmittel sowie die Messmittelüberwachung aufgezeichnet werden. Hierfür eignen sich Messpläne, in denen die Messpunkte, die Messwerte, die Messinstrumente, das Messintervall, die Verantwortlichkeit und ähnliches festgehalten wird [9]. Für die Aufzeichnung durchgeführter Effizienzmaßnahmen kann sich eine unternehmensinterne Wissensdatenbank eignen, in der Nicht-Konformitäten und dazugehörige Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen festgehalten werden, sodass bei einem erneuten Eintritt unmittelbar Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden können [1] [7].

3.3.4 ACT

Der letzte Schritt und wiederum Ausgangspunkt für einen erneuten Anlauf des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses stellt das Management-Review dar, durch das die

Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit des EnMS bewertet wird. Es handelt sich dabei um ein Kontrollelement, das von der obersten Führungsebene mindestens einmal im Jahr angewandt wird. Es beinhaltet die Weiterführung von Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung der energiebezogenen Leistung und des eingeführten EnMS und stellt somit die Basis für die Verwirklichung des KVP im Rahmen des PDCA-Zyklus dar [7]. In der Norm werden Eingangsparameter sowie die aus der Management-Bewertung zu generierende Ergebnisse festgelegt. Das Management-Review muss anhand geführter Aufzeichnungen, Auswertungen und Protokolle erfolgen, wobei der Fokus auf den Merkmalen Aktualität, Korrektheit und Konsistenz der Eingangsparameter liegt. Es werden Folgemaßnahmen festgelegt und die Ergebnisse kommuniziert [7] [9].

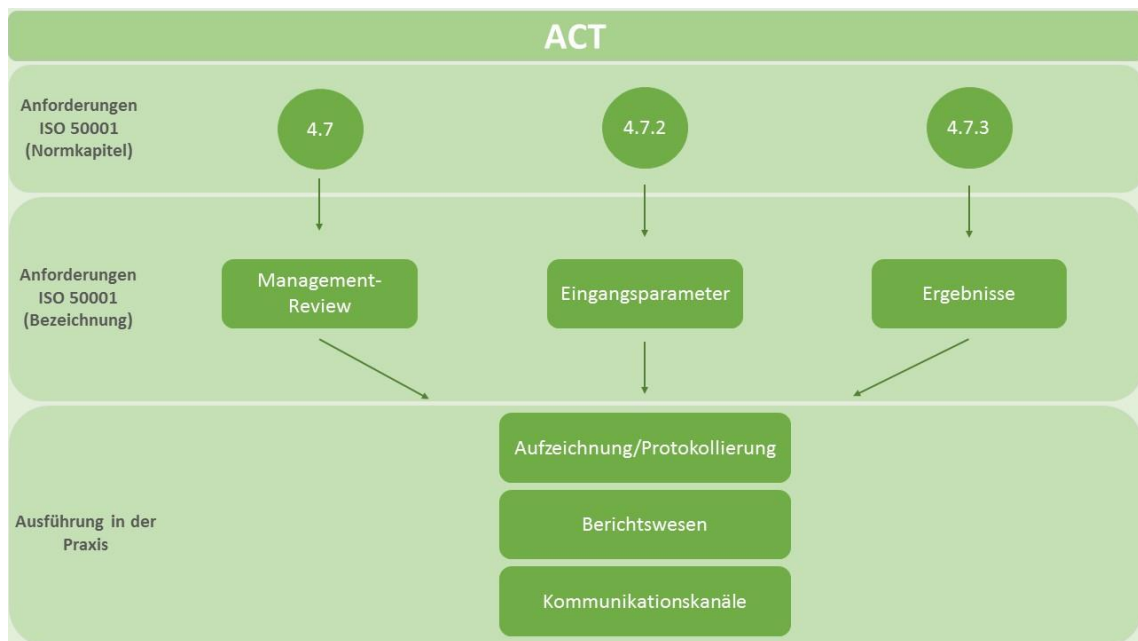


Abbildung 11: Anforderungen an die Weiterführungsphase mit Beispielen für die praktische Umsetzung

Eingangsparameter

Wichtige Themen des Management-Reviews sind die Ergebnisse und Maßnahmen aus dem zuletzt stattgefundenen Review, die Aktualität der Energiepolitik, die Entwicklung der energiebezogenen Leistung, die dazugehörigen Leistungskennzahlen, die Ergebnisse der Bewertung der Einhaltung rechtlicher Vorschriften und eingegangener Verpflichtungen, der Erreichungsgrad der Energieziele und Aktionspläne, die Ergebnisse der internen Audits, Umsetzungsstatus von Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen und eine Auflistung und Priorisierung von Empfehlungen zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung. Es müssen Vorhersagen der energiebezogenen Leistung einfließen [1]

Ergebnisse des Management-Reviews

Im Zuge des Management-Reviews müssen gegebenenfalls Entscheidungen bezüglich der Veränderung der energiebezogenen Leistung des Unternehmens getroffen werden, die Energiepolitik, Leistungskennzahlen, strategische und operative Energieziele angepasst werden und weitere oder andere Ressourcen bereitgestellt werden [1].

3.4 Prozesslandkarte eines Energiemanagementsystems

Bis zu diesem Schritt wurden die wesentlichen Prozesse herausgearbeitet, auf denen das EnMS nach der ISO 50001 fundiert. Diese Prozesse sollen nun anschaulich in einer Prozesslandkarte (Abbildung 12) dargestellt werden, sodass darauf aufbauend im weiteren Verlauf der Arbeit wesentliche unterstützende Software-Werkzeuge erarbeitet werden können. Einige Möglichkeiten wurden dabei bereits erwähnt, eine Weiterführung derer findet in Kapitel 5 statt.

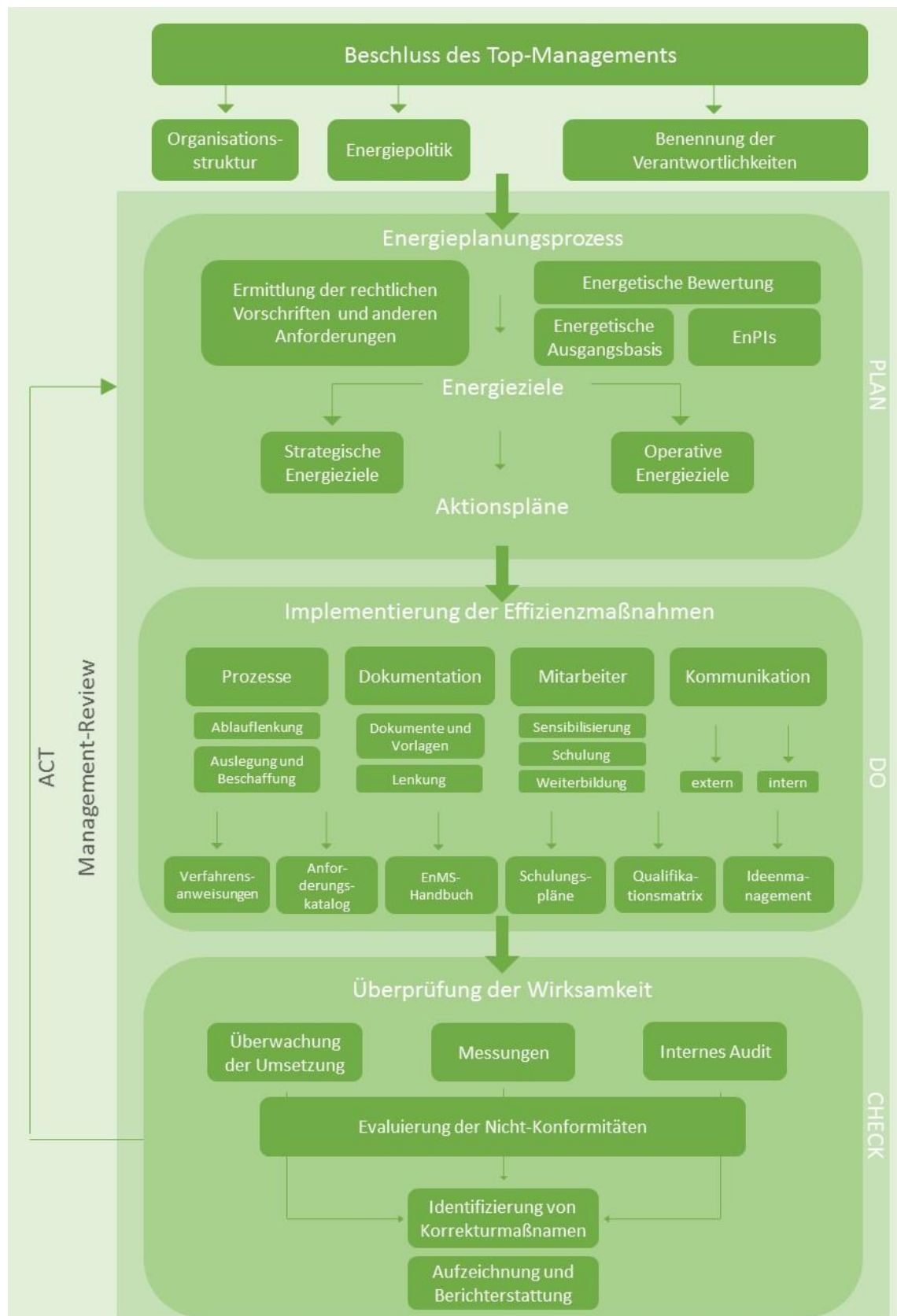


Abbildung 12: Prozesslandschaft von Energiemanagementsystemen

3.5 Energiemanagementsystem-Handbuch

EnMS-Handbücher bilden das Rückgrat eines Managementsystems. Hier werden sämtliche Verantwortlichkeiten, Prozessabläufe und Vorgaben definiert. Verankert werden hier insbesondere

- der Geltungsbereich und die Grenzen des EnMS;
- die Energiepolitik, strategische und operative Energieziele und Aktionspläne;
- die Beschreibungen der Organisations- und Prozessabläufe;
- Angaben zur Dokumentation und Aufzeichnung und
- Notfallpläne.

Ein EnMS-Handbuch kann entweder als Papierhandbuch, als digitales Handbuch beziehungsweise als lizenzkostenfreie web- oder intranetbasierte Lösung oder mithilfe kommerzieller Lösungen (anhand vorinstallierter Funktionspakete) erstellt werden [7]. Der Vorteil digitaler Handbücher ist besonders die Zugänglichkeit durch alle Mitarbeiter [59]. Moderne Workflow-Programme der Datenverarbeitung sowie Programme aus der Office-Welt erleichtern die text-grafische Darstellung von Abläufen und Prozessen. Digitale Handbücher können zudem mit Links versehen werden, die auf das Dokumentencenter oder ähnliches hinweisen [59].

In der Tabelle 2 werden mögliche Inhalte eines Handbuches kategorisiert dargestellt. Die Zusammenstellung erfolgte aus den gesammelten Informationen der vorherigen Kapitel sowie aus einem im Internet verfügbaren Musterhandbuch [60].

Ebene	Inhaltliche Verankerung im EnMS-Handbuch
Normative Ebene	Allgemeine Beschreibung des Unternehmens (Prozesse, Abläufe, Organigramm)
	Einführung in das Handbuch
	Beschreibung des EnMS und Darstellung seiner Grenzen, seines Zweckes sowie die betriebliche Selbstverpflichtung
	Darstellung der Energiepolitik
	Beschreibung der Verantwortung des Top-Managements und des Energiemanagementbeauftragten
	Abbildung der hierarchischen Organisationsstruktur des EnMS inklusive einer Liste der beteiligten Mitarbeiter
	Darlegung der wesentlichen Aufgabenzuordnung und Befugnisse

Energieplanung	Rechtsverzeichnis – Verzeichnis sämtlicher gesetzlicher Anforderungen und Vorschriften
	Darstellung der Energieziele und Aktionspläne, inklusive der Ressourcen- und Zeitpläne
	Darstellung der wesentlichen Aufgaben und Meilensteine von Maßnahmen innerhalb eines Maßnahmenkatalogs und Abbildung in einer Prioritätenliste
	Energielageplan, Verbraucherverzeichnis
	Verantwortungsmatrix
	Energetische Ausgangsbasis
	Zusammenstellung aller EnPIs auf Bereichs-, Standort- und Unternehmensebene
Umsetzung	Schulungspläne
	Dokumentation durchgeführter Schulungen
	Qualifikationsmatrix
	Kommunikationspläne
	Übersicht aller vorhandenen Dokumente und Aufzeichnungen sowie Hinweis auf Dokumentencenter
	Verfahrensanweisungen, Arbeitsanweisungen
	Formulare und Vorlagen (Protokollvorlagen und ähnliches)
Überprüfung	Vorlagen und Checklisten für die Energiedatenerfassung
	Messpläne und weitere relevante Informationen über die Vorgehensweise
	Relevante Dokumente für die Überprüfung der Messeinrichtungen
	Auditprogramm, Festlegung der Auditabstände, Auditpläne, Auditchecklisten, Auditberichte
	Liste potenzieller Auditoren
	Liste/Katalog geeigneter Präventiv- und Korrekturmaßnahmen
Management-Review	Hinterlegung der Jahresberichte beziehungsweise Energieberichte
	Ergebnisprotokolle energierelevanter Sitzungen oder ähnliches

Tabelle 2: Mögliche inhaltliche Gestaltung eines EnMS-Handbuchs

3.6 Herausforderungen bei der Umsetzung eines Energiemanagementsystems

Die Umsetzung der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Prozesse hat einige komplexe Folgen für Unternehmen und ihre Abteilungen. Es müssen verschiedene Methoden kombiniert werden, sodass das EnMS dauerhaft betrieben werden kann [61]. Insbesondere Investitionen in Energieeffizienztechnologien/-maßnahmen und Energiedatenerfassungssysteme sind sehr risikobehaftet. Es können negative Kosten entstehen, weshalb es wichtig ist, dass hier keine Fehlentscheidungen getroffen werden [62]. Um realistisch vorausplanen zu können, ist eine genaue Informationsbasis daher unabdingbar. So führt ein höheres Maß an Information tendenziell auch zu einer Verbesserung der Entscheidungsbasis für das betriebliche Energiemanagement und für Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen [2] [49]. Hier besteht wiederum die Herausforderung darin, einen Überblick über gesammelte Datenmengen beizubehalten und die wichtigsten Informationen aus den Daten zu generieren, sodass fundierte Entscheidungsgrundlagen vorgelegt werden können. Für eine zukunftsgerichtete Steuerung der betrieblichen Energienutzung, der ausnahmslosen Identifikation der energieverbrauchenden Abläufe sowie der zeitgenauen Prognose des Auftretens derer zur optimalen Glättung von Lastgängen, ist eine längerfristige Speicherung und Verarbeitung der Datenmengen erforderlich, was wiederum den Einsatz umfangreicher IT-Systeme erfordert. Es sind also zusätzlich zu geeigneten Messvorrichtungen für die Datenerhebung (Hardware) außerdem IT-Komponenten und dafür geeignete computergestützte Informationssysteme (Software) für die Datenverarbeitung zu installieren [2]. Neben den Herausforderungen, die mit der Bereitstellung von Informationen, der Datenerhebung und Datenanalyse einhergehen, werden in der Literatur weitere Herausforderungen genannt. Im Vordergrund stehen dabei besonders fehlende finanzielle und personelle Mittel sowie fehlendes Know-How (vgl. z.B. [63], S. 11,[64]). Eine Auswahl der in der Literatur genannten Herausforderungen wird in der Tabelle 3 gruppiert dargestellt und durch eigene Überlegungen ergänzt.

Bereich	Art der Herausforderung
Energierrelevante Entscheidungen	Vollständige Datenbasis – Beseitigung von Informationsdefiziten und Beschaffung relevanter Informationen [2]
	Sicherstellung einer systematischen Vorgehensweise bei der Entscheidungsfindung [44]
	Sicherstellung der geeigneten Ressourcen

	Aufbau von Kompetenzen [64]
Top-Management	Verstetigung des EnMS und Sicherstellung der Kontinuität der EnMS-Prozesse [65]
	Vermeidung eines lückenhaften und inkonsequenten EnMS
	Organisatorisches Wissen zur Verbesserung der energetischen Unternehmensabläufe [7]
	Bereitstellung der erforderlichen Ressourcen, insbesondere institutioneller und finanzieller Art [49]
Strategische Umsetzung	Identifikation von Effizienzpotenzialen und die Ableitung und Priorisierung von Maßnahmen [7]
	Schaffung geeigneter Strukturen, inklusive der Aufstellung der Ressourcenpläne und Prozessbeschreibungen [65]
	Vermeidung der Verkomplizierung einfacher Prozesse (VDI ZRE Studie)
	Zielorientierte Beschreibung des komplexen EnMS [65]
Operative Umsetzung	Starke zusätzliche Belastung der betriebseigenen Personalressourcen, insbesondere durch den zusätzlichen administrativen Aufwand im betrieblichen Alltag [38] [65]
	Einheitliche Dokumentation aller relevanten Informationen
	Pflege von Dokumenten und Aufzeichnungen sowie des EnMS-Handbuchs
	Dezentralisierung von Expertenwissen und Detailinformationen zur erfolgreichen Implementierung von Effizienzmaßnahmen
	Ausreichende Qualifikation und Einbindung von Mitarbeitern [7] [38]
	Schaffung von Bewusstsein für energieeffizientes Handeln [7]
	Vorhandensein von technischem Verständnis zur energiebezogenen Optimierung von Prozessen, Anlagen und Abläufen [7]

Datenerfassung und Messung der betrieblichen Energieströme sowie der Dokumentation	Systematische Erfassung aller Bereiche und Prozesse eines Unternehmens, die einen Einfluss auf den Verbrauch haben [7]
	Aufbau einer fundierten Datenbasis [63]
	Einrichtung der Messinfrastruktur und Implementierung von Softwarewerkzeugen für eine angemessene Sammlung und Analyse von Messdaten [63]
	Aufschlüsselung der Komplexität der energierelevanten Daten [7]
	Schaffung von Transparenz zwischen Energieversorger und -abnehmer [7]
	Vermeidung subjektiver Ablesefehler und allgemeiner Messfehler (beispielsweise durch defekte Messgeräte, ein unzuverlässiges Messdesign oder eine falsche Skaleneinteilung) [2]
	Höchstmögliche Aussagekraft der Energiemessung (Detailliertheit, Häufigkeit, Breite und Tiefe der Datenerfassung) [2]
	Zeit- und ursachennahe Datenerfassung [61]
	Überwindung des hohen Komplexitätsgrades im Rahmen der Dokumentation [66]
Bildung von Energiekennzahlen	Zweckmäßige Generierung von Kennzahlen [2]
	Kostengünstige Erfassung von Messwerten

Tabelle 3: Herausforderungen im Rahmen eines Energiemanagementsystems

4 Einsatz von Softwaresystemen im Energiemanagement

Die Notwendigkeit informationstechnisch-basierter (IT-basierter) Unterstützungswerkzeuge in betrieblichen Prozessen braucht heutzutage, im Informationszeitalter und in Anbetracht einer expandierenden Menge an Daten unterschiedlicher Form und Größe, kaum noch erwähnt werden [3]. Softwaresysteme stellen dabei durch ihre Benutzeroberfläche eine Schnittstelle zwischen dem Menschen und einer Maschine her und dienen als Verwaltungs- und Organisationswerkzeug für Datentransfer, Datenstrukturierung, Datenregulierung, Datenverwaltung und Systemadministration sowie als Analysewerkzeug. Mithilfe einer benutzerfreundlichen Oberfläche sollen Datenanalysen und -auswertungen sowie die Erstellung von Berichten möglich sein. Insbesondere zu Zwecken der betrieblichen Ressourcenplanung (Enterprise Resource Planing, ERP), der Bestandsverwaltung, der Güterbeschaffung oder zu Zwecken prozessorientierter Ausprägung, ist der Einsatz von Anwendungssoftware bereits weitestgehend etabliert ⁴ [67]. Dies trifft nach (Kappler, 2014) jedoch weniger auf energetische Ressourcen zu. Sie beschreibt dies folgendermaßen:

„Das Erheben und Verwalten von Energiedaten erfolgt heute oft noch buchstäblich zu Fuß, d.h. durch menschliches Ablesen von Zählern, die den Gesamtverbrauch der unterschiedlichen Medien messen. Die verfügbaren Daten sind also zeitlich und räumlich eher grob aufgelöst. Verwaltet werden diese Daten typischerweise durch Tabellenkalkulationsprogramme wie Excel und sind weder unternehmensweit verfügbar noch gesichert – keine idealen Voraussetzungen für effektives Controlling. Aber auch dort, wo einige Hundert Verbrauchszähler elektronisch erfasst werden, geschieht dies oft nicht in einer Form, die wirkungsvolles Energiecontrolling erlaubt, (...).“ (vgl. [67], S.225).

Auch (Rößler) geht bei der Verwendung standardmäßiger Office-Tools, auf die im Rahmen der Dokumentation eines EnMS oftmals zurückgegriffen werde, von Problemen hinsichtlich des Auftretens von Inkonsistenzen und von einer aufwändigen Pflege aus [66].

Die Verantwortung eines betrieblichen Energiemanagements und eines EnMS erstreckt sich besonders auf die Erfassung und Auswertung von Daten, um eine möglichst genaue

⁴ Anwendungssoftware werden in primären sowie sekundären Prozessen betrieblicher Arbeitsgebiete eingesetzt. Branchensoftware oder branchenunabhängige Software, nicht: Programme/Treiber, die im Hintergrund laufen.

und lückenlose Information über die energetische Leistung eines Unternehmens zu erhalten. Dadurch sollen Interpretationen sowie die Planung und Optimierung des Energieeinsatzes in die Hand genommen werden können [67.] Deshalb sollten Unternehmen, auch bei der Ausführung von Aktivitäten, die für das Energiemanagement relevant sind, auf bestimmte Softwarelösungen setzen. Nach dem BAFA ist eine Energiemanagementsystem-Software (EnMS-Software) eine „elektronische Datenverarbeitungstechnologie, die auf Grundlage der geltenden DIN EN ISO 50001 messtechnische Daten für die energetische Bewertung und energetische Ausgangsbasis der Organisation auswertet.“ (vgl. [27]) Durch die Implementierung einer EnMS-Software soll es möglich sein, alle für das Energiemanagement relevanten Informationen in einem System zu aggregieren, so dass dadurch Analyse- und Verbesserungsprozesse angekurbelt werden [68].

Bei der Einführung von EnMS-Software müssen sich Unternehmen zunächst einige Fragen stellen. Es ist wichtig, eine für den Betrieb des EnMS geeignete Software zu finden, die es gestattet, alle Arten von Informationen sinnvoll zu sammeln und für die Beurteilung der energetischen Leistung zu verwenden. So bestimmt die Auswahl einer EnMS-Software oftmals die zukünftigen Auswertungsmöglichkeiten im Rahmen des Managementsystems [67]. Dabei ist zu beachten, ob die Anschaffung einer spezifischen Software zu teilweise hohen Preisen und der dadurch potenziell generierte Mehraufwand aufgrund zusätzlicher Kosten (beispielsweise durch eine nachträgliche Anpassung der Software) wirtschaftlich lohnenswert ist. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, welche Systemkomponenten benötigt werden und welchen Wertbeitrag die einzelnen Komponenten für den kontinuierlichen Betrieb des EnMS haben. Die Entscheidung der Unternehmen hinsichtlich eines Softwareprodukts sollte sich dabei stets an den Anlass und die Zielsetzung des EnMS orientieren, da keine Universallösung für jede Managementsystemform und -ausprägung existiert. Dafür nehmen Unternehmen häufig Marktspiegel zur Hand, in denen Softwaremerkmale definiert und hinsichtlich ihrer Ausprägung aufgeführt werden. In diesem Kapitel sollen allgemeine Grundlagen der Thematik zusammengefasst werden, wobei im ersten Schritt zunächst der Stand der Technik von EnMS-Software dargestellt und ein Marktüberblick über das Softwareangebot gegeben wird. Anschließend soll der Mehrwert einer Softwarenutzung für das Managementsystem erläutert werden. Im weiteren Verlauf werden grundlegende Systemanforderungen an Softwarelösungen und nützliche, zusätzlich verfügbare Werkzeuge dargelegt. Der letzte Schritt dieses Kapitels umfasst die Abbildung eines möglichen Auswahl- sowie Einführungsprozesses von Softwaresystemen.

4.1 Stand der Technik und Marktüberblick

In diesem Teilkapitel werden zunächst verschiedene Softwaresysteme im Bereich des Energiemanagements aufgezeigt. Im Anschluss findet eine Darstellung der nötigen technischen Infrastruktur für EnMS-Softwaresysteme statt. Das Kapitel 4.1.3 gibt einen Marktüberblick über vorhandene EnMS-Softwaresysteme sowie deren Anbieter und im Kapitel 4.1.4 werden die Software-Marktspiegel dieses Bereichs vorgestellt.

4.1.1 Abgrenzung verschiedener Softwaresysteme

Es existieren einige Softwarelösungen, die im Rahmen des betrieblichen Energiemanagements angewendet werden können. Als Beispiele sind hier Energiemonitoring-, Energiecontrolling- und EnMS-Softwareprodukte zu nennen.

Nach (Álvarez, 2013) ist eine Energiemonitoring- Software für die kontinuierliche Erfassung und Aufbereitung sowie die Überwachung energiebezogener Verbrauchsdaten, gesamter Objekte (Gebäude, Betriebe, o.ä.), Projekte oder Prozesse gedacht. Die strukturierte Aufbereitung der Energiedaten ist dabei wiederum die Ausgangsbasis für automatisierte Analysen im Rahmen einer Energiecontrolling- Software [69]. Energiecontrolling- Softwaresysteme sind daher zunächst an den Aufbau einer Messinfrastruktur inklusive einer Messsoftware gekoppelt. Messdaten werden dann bestenfalls vollautomatisch und zuverlässig erfasst, automatisiert eingelesen, in einer Datenbank gespeichert, aufbereitet und mit Produktionsdaten verknüpft und visualisiert. Verbrauchswerte können anhand dessen konsolidiert, analysiert und mit Zielvorgaben und hinterlegten Kennzahlen abgeglichen werden [70] [71]. Energiemonitoring- und Energiecontrolling- Softwaresysteme dienen demnach dem Erheben, Aufbereiten und Verwalten sowie der Analyse von Energiedaten, während EnMS-Softwaresysteme Unternehmen hingegen bei der gesamten Einführung und Umsetzung eines EnMS unterstützen und das Managementsystem verwalten, aufrechterhalten und optimieren sollen. Die Geschäftsprozesse des EnMS werden ganzheitlich unterstützt, von der Energieplanung, über die Einführung und Umsetzung zur Überwachung und internen Auditierung bis zur Überprüfung auf Managementebene [72] [73]. Strukturen und Zuständigkeiten sowie Abläufe können definiert und die Datensammlung und das Dokumentenmanagement erleichtert werden [72]. Durch die Nutzung einer EnMS-Software der zeitliche und personelle Aufwand für die Implementierung und Verwaltung eines EnMS reduziert und die Qualität des EnMS verbessert werden. Insbesondere organisatorische als auch administrative Aufgaben werden hierbei unterstützt und die Kommunikation im Rahmen des EnMS gefördert. Energiedaten sollten auch hier erfasst und überwacht und automatische Berichte erstellt werden können. Energiemonitoring- und

Energiecontrolling- Lösungen sind daher häufig als Teilaufgaben in EnMS-Software eingebunden. Teilweise existieren hier Komplettlösungen, teilweise einzelne Systemkomponenten, die aufeinander aufbauen.

4.1.2 Technische Infrastruktur

Die Einrichtung einer EnMS-Software mit integrierten Energiemonitoring und -controlling-Lösungen benötigt stets ein entsprechendes organisatorisches (siehe Kapitel 4.6) sowie technisches Umfeld. So gehört zu den technischen Bestandteilen einer EnMS-Software nicht nur das Softwaresystem selbst, sondern außerdem die geeigneten Hardware-Komponenten, wie in Abbildung 13 dargestellt.

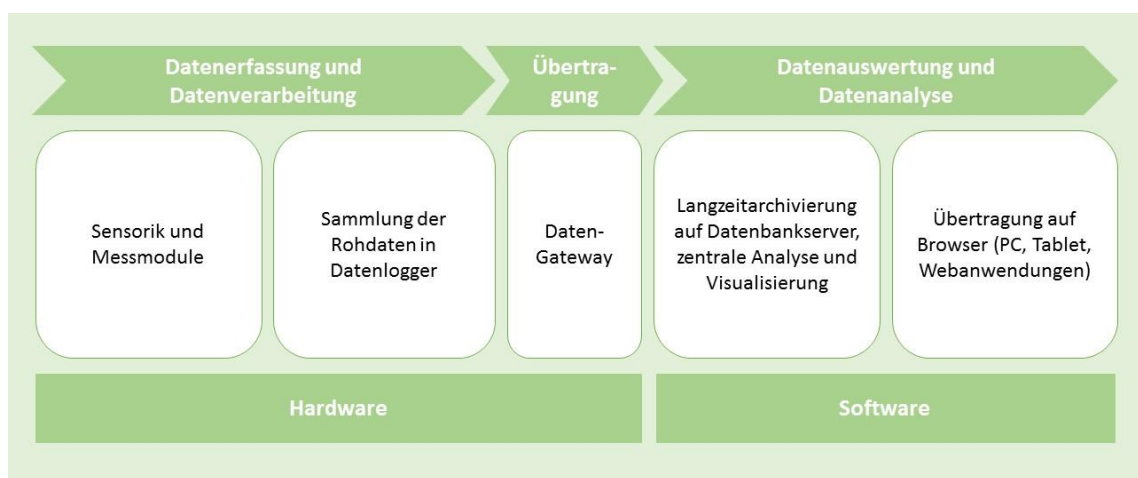


Abbildung 13: Technische Infrastruktur einer EnMS-Software

Die Existenz eines Systems zur Datenerfassung und -verarbeitung ist Voraussetzung für den Betrieb einer EnMS-Software. Die erfassten Daten stellen die Ausgangsbasis des Informationssystems dar, weshalb zunächst entschieden werden muss, wie diese erfasst und verarbeitet werden sollen [74]. Benötigt werden insbesondere die geeignete Sensorik, Messmodule für die Erfassung der Messdaten sowie ein Bussystem zur Übermittlung und eine Netzwerkinfrastruktur zur Einpflege der Daten in einen Datenbankserver [71]. Nach (Theis, 2014) lassen sich vier Ebenen der technischen Infrastruktur unterscheiden:

- die Feldebene (Sensorik, Messmodule, Zähler) für die Aufnahme und Generierung sämtlicher Messwerte mit entsprechenden Kommunikationsschnittstellen für eine automatisierte Erfassung;
- der Datenlogger zur Zwischenspeicherung der Messdaten und der Daten-Gateway mit Schnittstelle zu OPC-Servern oder SQL-Datenbanken durch die Kommunikation über die IP-Adresse anhand der Übersetzung der Protokoll-

Standards der Messgeräte (z.B. BACNet, LonWorks, Modbus, SNMP) in den IP-Standard;

- die zentrale Datenhaltung innerhalb einer zentralen Datenbank (beispielsweise Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL), die entsprechende Daten enthält und Analysen und Auswertungen über einen Webserver auf allen Arbeitsplatzrechnern zur Verfügung stellt und
- die Konfigurations-, Analyse- und Auswertungssoftware, die häufig als Web-Applikation umgesetzt wird, sodass ein uneingeschränkter Zugriff rechnerunabhängig möglich ist [75].

4.1.3 Marktüberblick

Traditionell werden EnMS auf Basis der ISO 50001 von speziellen alleinstehenden EnMS-Softwarelösungen unterstützt, durch deren Installation das gesamte Managementsystem geführt werden soll (sogenannte „Stand alone“-Systeme). So sollen durch eine Softwarelösung die Einführung und Anwendung ausgewählter Managementinstrumente für das Erreichen von Energiezielen vereinfacht werden [52]. Auf dem Markt existieren jedoch auch Softwareprodukte, die Teil einer größeren Produktfamilie sind (z.B. aus dem Bereich Facility Management oder kaufmännische Software) oder Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme und Manufacturing Execution Systeme (MES), die neben Funktionen für die Feinplanung und -steuerung auf Betriebsebene, Betriebsmittelmanagement, Materialmanagement, Personalmanagement, Datenerfassung, Datenverwaltung, Leistungsanalyse, Qualitätsmanagement und Informationsmanagement zunehmend Add-on-Module für das Energiemanagement in ihrer Systemarchitektur integriert haben. Bei Letzteren besteht der Vorteil nach (Sauer, et al., 2016) insbesondere in der Möglichkeit der direkten Einbindung des Energiemanagements in den Planungs- und Steuerungsprozess der Produktion [40]. Zudem lassen sich durch den Parallelbetrieb mehrerer Systeme zusätzliche Einführungsprozesse vermeiden. Einzelne Systemkomponenten müssen lediglich in das bestehende System integriert und Daten nicht doppelt erfasst werden [76].

Die Anbieter von EnMS-Softwarelösungen sind nach einer Analyse im Rahmen dieser Arbeit primär Unternehmen aus den Teilbereichen Gebäudeautomation, Prozessleittechnik und Steuerungstechnik sowie aus der Dienstleistungs- und Beratungsbranche. Die Dienst- und Beratungsleistungen sind dabei spezialisiert auf Facility Management sowie auf Teilaufgaben im Bereich Energie, Umwelt und Nachhaltigkeit oder rund um MES. Die Kernkompetenzen der Beratungsunternehmen sind teilweise Leistungen rund um das Thema Energiemanagement. Von ihnen wird ein Komplettservice, von der Energieberatung über die Begleitung von Effizienzmaßnahmen sowie der Strategieberatung

zur Einführung und Umsetzung von EnMS nach ISO 50001 und deren Zertifizierung, angeboten. Sie bieten zusätzlich eigenentwickelte EnMS-unterstützende Softwaresysteme an und haben teilweise auch die Lieferung relevanter Hardwaremodule in ihre Servicepalette integriert. Auch Schulungsmaßnahmen, die im Rahmen eines EnMS anfallen oder die Begleitung der Einführung der Softwaresysteme und die Begleitung bei der Durchführung von Energieaudits, sind in ihrem Service enthalten. Käufer können demnach die gesamte Software mit zusätzlichen Serverprogrammen, Editorprogrammen und einer beliebigen Anzahl von Web-Clients erhalten und sich zusätzlich beim Implementierungsprozess des EnMS und dem Einsatz der Software beraten und schulen lassen.

Es gibt standardisierte Gesamtlösungen als auch modulare Software-Tools, die individuell an die unterschiedlichen Unternehmensprozesse anpassbar sind. Je nach Bedarf können hier einzelne Module als Service in Anspruch genommen werden. Einige Unternehmen bieten als Service sowohl die Software als auch die dazu passenden Technik- und Hardwarelösungen sowie deren Installation an. Ist kundenseitig bereits ein Messsystem vorhanden, so unterstützen die Anbieter diese bei der Integration und Inbetriebnahme der Software.

4.1.4 Marktspiegel

Aufgrund der Komplexität vieler Unternehmenssoftware, existieren einige Marktspiegel, die die Ausprägung definierter Merkmale von Softwareprodukten übersichtlich und kompakt darstellen. Sie dienen Unternehmen häufig als eine Grundlage für die Vorauswahl eines Softwaresystems. Zu den bekanntesten deutschsprachigen Marktspiegeln, deren Schwerpunkt auf EnMS-Software liegt, gehören:

- der von der Energie Agentur NRW herausgegebene EMS-Marktspiegel, in dem 96 EnMS-Softwaresysteme hinsichtlich ihrer wesentlichen Funktionalitäten untersucht werden (Stand: 2017) sowie
- der MES Marktspiegel „Energiemanagement“ des MES D.A.CH Verbands, der rund 45 Anbieter von Manufacturing Execution Systemen (MES) mit Energiemanagement-Funktionalitäten vergleicht (Stand: 13.05.2013) [77] [78].

Zudem existiert eine Studie der eep Stuttgart, die EnMS-Softwaresysteme und MES-Softwaresysteme mit Energiefunktionalität gegenüberstellt und dabei Entwicklungspotenziale aufzeigt. Dabei werden 81 EnMS-Softwaresysteme und 39 MES-Softwaresysteme berücksichtigt [40].

Hauptsächlich werden in diesen Marktspiegeln/ Studien zwar Merkmale herausgearbeitet und definiert, jedoch kaum in Bezug zu ihrer Anwendung im Sinne der ISO 50001 gesetzt.

4.2 Wertbeitrag von Software für Managementsysteme

Nach (Putzinger, 2010) existieren zwei Kriterien, anhand derer der Nutzen IT-basierter Lösungen bestimmt werden kann: Effektivitätssteigerung und Effizienzsteigerung. So sollen Softwaresysteme dazu beitragen, angestrebte Geschäftsziele und Ergebnisse effektiv zu erreichen, deren Umsetzung zu beschleunigen und den Aufwand zur Zielerreichung zu reduzieren [79]. Übertragen auf das EnMS würde dies bedeuten, dass operativ und strategisch gesteckte Ziele (sowie Tätigkeiten in der Planungs-, Überprüfungs- und Kontrollphase) mit geringerem Zeit- und Personalaufwand umgesetzt und mit angemessenen Ergebnissen erreicht werden.

Es bestehen nach (Wagner, 2015) jedoch allgemein Uneinigkeiten, ob IT-Technologien, sofern sie zwar effizienzsteigernd sind, dem einzelnen Unternehmen strategische Vorteile verschaffen. Auf der einen Seite bestünden dabei Meinungen, die besagen, dass sobald eine Software in Besitz eines jeden Unternehmens sei, diese nicht mehr zu Wettbewerbsvorteilen eines einzelnen Unternehmens verhelfen kann. Andere Meinungen hingegen besagen, dass Softwaresysteme das „Herzblut jeglicher Geschäftstätigkeiten“ und grundlegend für den konstanten Ausbau von Wettbewerbsvorteilen seien. So ist die Nutzung einer Software wesentlich, um Informationen zu sammeln, sie zu verändern, auf sie zuzugreifen, sie zu analysieren und entsprechend zu handeln [80]. Einer PWC-Studie zufolge schafft eine IT-Technologie allein keine Werte, schwierig sei es jedoch, ohne sie Werte zu schaffen: „Der Einsatz von Technologie führt nicht zwangsläufig zu Gewinnen durch Umsatzsteigerung, Kosteneinsparungen oder niedrigen Kapitalkosten aufgrund sinkender Lagerbestände. Diese Effekte werden erst durch verbesserte Geschäftsprozesse erreicht. Dabei stellt die Informationstechnologie ein sehr wichtiges Werkzeug für die Prozessoptimierung dar und dient häufig als Basis für neue Geschäftsmodelle.“ (vgl. [81], S.6) Der Wertbeitrag von Software resultiert somit nicht allein in ihrem Einsatz, jedoch aber „aus der Verbesserung der zugrundeliegenden Geschäftsprozesse.“ (vgl. [80], S. 88) Man sei sich nach (Wagner) somit in der Hinsicht einig, „dass der Einsatz von Informationstechnologie auf Grund der Vielfalt an Nutzeneffekten, wie Produktivitätssteigerung oder Innovationseffekte, einen wesentlichen, positiven Beitrag zum Unternehmensergebnis leisten kann, auch wenn nicht jede Wirkung dauerhaft als Wettbewerbsvorteil Bestand hat und auch von Konkurrenten eingeholt werden kann.“ [ebd.].

4.2.1 Steigerung der Effektivität durch EnMS-Software

Der Wertbeitrag einer EnMS-Software hinsichtlich der Effektivitätssteigerung eines EnMS liegt insbesondere darin, dass durch ihre Nutzung der interne Weg der betrieblichen Energieströme klar nachvollzogen werden kann, da er gut erfasst, übersichtlich und vollständig dokumentiert und auswertbar ist [52]. Die Erfassung und Analyse des Ist-Zustandes sowie der Entwurf von Szenarien kann effektiv durch IT unterstützt werden [82]. Die grafische Auswertung in Energieflussdiagrammen erleichtert den Überblick über die teilweise sehr komplexen Ströme des betrieblichen Energiesystems. So ist die Transparenz komplexer Abläufe die notwendige Voraussetzung für Optimierbarkeit, da ansonsten aufgrund mangelnder Durchsichtigkeit keine Optimierungsmöglichkeiten der Energieeffizienz ermittelt werden können (angelehnt an [83]). Der Energieverbrauch kann klar dargestellt, und der bisherige, der aktuelle sowie der zukünftige Energieeinsatz beobachtet beziehungsweise prognostiziert werden. Auch die Energiekosten lassen sich anhand dessen vergleichen und Benchmarking-Prozesse erleichtert durchgeführt werden [68]. Nach (Meyer, 2013) sollen EnMS-Softwaresysteme die willkürliche Durchführung von Maßnahmen verhindern und stattdessen ein zielführendes Energiemanagement sicherstellen und zu einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess motivieren [63]. Die mathematische Präzision mittels Softwarelösungen kann die Entscheidungsfindung optimieren [84]. Kürzere Such- und Übertragungszeiten sowie bessere Mechanismen zur Informationsauswahl und -verdichtung ermöglichen eine verbesserte Reproduktion von Daten, Abläufen und Verfahren oder strategischen Inhalten des EnMS. Durch einen beschleunigten Informationsfluss können zudem Reaktionen auf Abweichungen schneller eingeleitet werden. Informationen werden dadurch zu einem entscheidenden Verbesserungsfaktor, da einerseits der Gesamtprozess besser beherrschbar wird, und andererseits das Reaktionsvermögen bei Abweichungen gesteigert wird (angelehnt an [83]).

4.2.2 Steigerung der Effizienz durch EnMS-Software

Bezüglich der Effizienzsteigerung des EnMS, lässt sich herausarbeiten, dass manuelle Arbeiten, besonders im Rahmen der Energieerfassung, durch Softwaresysteme (teil-)automatisiert und somit vereinfacht werden können. Insbesondere unter den Rahmenbedingungen der Ressourcenknappheit - sei dies auf finanzieller, personeller oder anderer Ebene - ist es für Unternehmen begrüßenswert, dass die Dokumentation und deren Aufrechterhaltung möglichst pflegeleicht und mit wenig manuellen Tätigkeiten durchgeführt werden kann, sodass dadurch Kapazitäten frei werden und an anderer Stelle eingesetzt werden können [66] [82]. So können beispielsweise anhand installierter Applikationen auf Tablets, mit QR-Codes ausgestattete Zähler im System abgerufen werden und die Zählerdaten automatisch in die Software eingepflegt werden (auch: teilautomatisiert).

Werden alle Daten von den jeweiligen Quellen kontinuierlich in die Software eingespeist, so werden die Arbeiten eines Energieteams stark erleichtert, da Energiedaten nicht mühsam manuell erhoben und verwaltet werden müssen, sondern sich die Kernaktivitäten hingegen auf die anschließende Analyse und Auswertung der Daten fokussieren. Zudem können jegliche Projekte, die im Rahmen des EnMS stattfinden, hinsichtlich ihres Zielerreichungsgrads verfolgt werden oder bereits im Voraus auf ihr Potenzial überprüft werden. Investitionsentscheidungen können dadurch erstens sicherer getroffen und zweitens fundierter begründet werden [68]. Auch im Rahmen des Energiemanagements zu erstellende Berichte können automatisch generiert werden, was einen erheblichen Zeit- und Ressourcenaufwand erspart.

4.3 Grundlegende Systemanforderungen

Nach (Mitra, 2013) sollte eine EnMS-Software insbesondere die Möglichkeiten aufweisen,

- Energieverbrauchsdaten detailliert und zeitnah zu erfassen;
- den Energieverbrauch zum jeweiligen Verbrauchsort zuzuordnen;
- den Energieverbrauch zu analysieren, dabei externe Faktoren zu berücksichtigen (Wetterdaten, geographische Begebenheiten oder Energiepreise);
- auf Abweichungen zu reagieren und über Alarmfunktionen darüber zu kommunizieren;
- Energieeinsparpotenziale zu erkennen;
- organisatorische Strukturen und Prozesse zu unterstützen;
- energierelevante Informationen visuell darzustellen;
- die Energiebeschaffung und Energierechnungen zu steuern sowie Energieeffizienzmaßnahmen zu begleiten und diese anschließend zu bewerten. (eBook)

Durch ein bedienerfreundliches, flexibles und erweiterbares Nutzerinterface soll eine zersiedelte Informationslandschaft sinnvoll zusammengeführt werden.

(Grabowski, et al., 2014) formulieren Anforderungen an Energiecontrolling-Software, welche sich auf EnMS-Softwareprodukte mit integrierten Energiemonitoring- und Energiecontrolling- Lösungen übertragen lassen. Demnach sollen Softwaresysteme mindestens folgende Kriterien erfüllen:

- eine intuitive Nutzerführung,
- eine anlagenbasierte Struktur,
- eine automatisierte Ersatzwertbildung,
- das Vorhandensein eines umfangreichen Formeleditors,
- eine automatisierte Kennzahlenbildung,
- eine statistische Bereinigung der Einflussgrößen,
- Warnmeldungen bei fehlenden oder falschen Messerwerten sowie bei Effizienzunterschreitungen von Anlagen und
- eine einfache und schnelle Berichterstattung [85].

Eine weitere zentrale Anforderung an EnMS-Softwareprodukte ist zudem das Vorhandensein der notwendigen Flexibilität, um die richtigen und unternehmensspezifischen Anforderungen zu erfüllen. Es sollten keine aufwändigen Schnittstellenprogrammierungen zu anderen Anwendungen notwendig und die Erstellung auf den Eigenbedarf zugeschnittener Zusatzanwendungen sowie Updates möglich sein. Es kann sich außerdem als praktisch erweisen, den Zugriff auf eine, für mehrere Anwendungen vorhandene Datenbank, zu gewährleisten (z.B. Produktionsplanungssysteme oder ähnliches) [64].

Als weitere grundlegende Systemanforderungen können die Anforderung an die Gebrauchstauglichkeit und die Grundsätze der Dialoggestaltung genannt werden. Sie stellen die Teile 11 und 110 des internationalen Standards ISO 9241 für die „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“ dar. Im Teil ISO 9241-110 „Grundsätze der Dialoggestaltung“ werden Aufgabenangemessenheit, Selbstschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit sowie Lernförderlichkeit als Grundsätze für das Design ergonomischer Benutzerschnittstellen genannt [86]. Der Teil ISO 9241 – 11 definiert drei Leitkriterien für die Gebrauchstauglichkeit einer Software: Effektivität zur Lösung einer Aufgabe, Effizienz der Handhabung des Systems sowie die Zufriedenstellung der Softwarenutzer [87].

4.3.1 Anforderungen nach ISO 50001

Die ISO 50001 schreibt vor, dass eine Organisation sicherstellen muss, „dass diejenigen Hauptmerkmale ihrer Tätigkeit, welche die energiebezogene Leistung bestimmen, in geplanten Zeitabständen überwacht, gemessen und analysiert werden.“ [1]. Dazu gehören

die wesentlichen Energieeinsatzbereiche und weitere Ergebnisse der energetischen Bewertung, die relevanten Variablen der wesentlichen Energieeinsatzbereiche, Energieleistungskennzahlen, die Wirksamkeit der Aktionspläne hinsichtlich der Erreichung strategischer und operativer Ziele sowie die Bewertung des aktuellen Energieverbrauchs gegenüber dem erwarteten Energieverbrauch. Die Messungen können sowohl rein durch Stromzähler stattfinden, als auch durch umfangreiche Überwachungs- und Messsysteme mit angeschlossener Softwareanwendung, „die in der Lage sind, Daten zu konsolidieren und automatische Analysen zu liefern“. [ebd.]. Angefordert wird zudem die Lieferung fehlerfreier und reproduzierbarer Werte.

4.3.2 Mindestanforderungen für die Förderfähigkeit von Softwaresystemen

Im Rahmen der Förderprogramme der Bundesregierung zu EnMS können sich Unternehmen durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) unter anderem auch bei der Anschaffung von Softwaresystemen mit finanziellen Mitteln unterstützen lassen. Um in die Liste förderfähiger Softwareprodukte aufgenommen zu werden, muss eine EnMS-Software die Anforderungen der DIN EN ISO 50001 erfüllen und entsprechend des PDCA-Zyklus¹ aufgebaut sein. Durch sie soll die Möglichkeit geboten werden, die gesetzlichen Energieziele mittels Controlling und Monitoring zu erfüllen. Darüber hinaus muss die Software die in der Tabelle 4 dargestellten Funktionen aufweisen [88].

Mindestanforderung	Beschreibung
Datenauswertung	Ausgabe von Summen-, Mittel- und Extremwerten
	Bildung von Kennzahlen
	Auflösung der Daten in vorgegeben Zeitintervallen
	Kostenermittlung: Energietarif-Eingabefunktion und Zuordnung von Kostenstellen
Visualisierung	Verfügbarkeit verschiedener Diagrammtypen (Linien- und Balkendiagramme)

	Möglichkeit der individuellen Diagrammanpassung bezüglich der zeitlichen Anpassung, der Anzahl dargestellter Kurven sowie des Einblendens von Grenzwerten
Reporting	Ausgabe zeitgesteuerter Energieberichte
	Darstellung lang- und kurzfristiger Entwicklungen im Energieverbrauch
	Versand der Berichte per E-Mail/SMS/Fax und Ausgabe in gängigen Dateiformaten
Alarmfunktion	Frühwarnmechanismen, individuelle Festlegung von Schwellenwerten, automatische Alarmfunktion bei deren Überschreitung
	Übermittlung per E-Mail/SMS/Fax
Integrationsmöglichkeit in bestehende Software- und Leittechniksysteme	Datenimport zur Integration beliebiger Messdaten
	Datenexport in gängige Office-Formate
	Leittechnik: Gebäudetechnik, Prozessleittechnik
Anbieter-Support	Support bei Problemen, Mitarbeiterschulungen, Einrichtung der Software und Updateservice

Tabelle 4: Mindestanforderungen für die Förderfähigkeit von EnMS-Software nach [88]

4.3.3 Nützliche Zusatztools

Wie bereits erwähnt, sind neben standardisierten Schnittstellen außerdem verfügbare Schnittstellen zu anderen Systemen, beispielsweise aus den Datenbanken von Human Resource oder Facility Management Systemen und dem ERP oder zu bestehenden Leittechniksystemen, ein nützliches Zusatztool. Durch die Verknüpfung zu externen Modulen, beispielsweise durch Excel-Add-Ins, können Berichte, Bilanzen und Auswertungen frei und problemlos generiert werden. Dies sollte auch in die andere Richtung

möglich sein. So sollten zum Beispiel Energierechnungen oder andere Dokumente unterschiedlicher Formate, wie XML oder ähnliche, durch die Software auslesbar oder konfigurierbar sein. Des Weiteren wird durch die Möglichkeiten einer Webanwendung, also einem Zugang über einen Browser, Transparenz im EnMS geschaffen, da jeder Mitarbeiter Energieverbräuche mitverfolgen, Diagramme verwalten, Berichte generieren und Handwerte eingeben kann. Besonders durch die Möglichkeit einer mobilen Handwerteingabe anhand einer Applikation auf einem Tablet, kann die Datenerfassung effizient stattfinden. Zudem sind die Benutzerrechteverwaltung oder das Rollenmanagement wichtig, um den jeweiligen Mitarbeitern die für die Ausführung ihrer Arbeit wesentlichen Funktionen zuzuteilen [68].

4.4 Auswahl einer geeigneten EnMS-Software

Vor der Entscheidungsfrage, welche EnMS-Software gewählt werden sollte, sollten sich Unternehmen unbedingt die Frage stellen, ob ein Softwareeinsatz überhaupt in Frage kommt. Nicht immer ist eine manchmal sehr kostenintensive Softwareanschaffung notwendig, um die Herausforderungen des EnMS zu bewältigen. Um Fehlentscheidungen bei der Wahl einer geeigneten Software zu vermeiden, ist es hilfreich, ein möglichst detailliertes Anforderungsprofil zu erstellen. Es gilt dabei vorausschauend zu planen. Wichtig kann es sein, zunächst die gesamten Daten- und Informationsströme im Rahmen des betrieblichen Energiemanagements innerhalb des Unternehmens zu konzipieren, um ermitteln zu können, an welchen Stellen und in welchen Abteilungen eine Software-Implementierung sinnvoll sein kann. Eine Hilfestellung kann dabei stets durch eine neutrale Beratung eingeholt werden [61]. Zudem sollte ermittelt werden, was sich durch die Investition in eine EnMS-Software für die Leistung des EnMS konkret verändern soll (Zieldefinition), sodass sich die Software nach der Einführungsphase hinsichtlich ihres Mehrwerts und Umsetzungserfolges einschätzen lässt [79]. Konkretisiert werden diese Ziele durch einen Kriterienkatalog, der innerhalb des Unternehmens erstellt wird. In diesen Prozess sollten alle für das EnMS wesentlichen Mitarbeiter einbezogen werden (beispielsweise durch Mitarbeiterbefragungen), da diese sich einerseits am besten in ihrem Geschäftsfeld auskennen und die Anforderung für die Ausführung eines EnMS am besten formulieren können. Andererseits bekommen sie dadurch die Möglichkeit, aktiv an der Gestaltung der Ausprägung der EnMS-Software teilzuhaben, wodurch die Gefahr auf Widerstand gesenkt wird [ebd.].

Als mögliche Auswahlkriterien kommen nach (Kappler, 2014) beispielsweise die Transparenz einmaliger und laufender Kosten, Referenzen bisheriger Kunden, die Softwareergonomie, die Eignung für heterogene Nutzergruppen mit unterschiedlichem Fachwissen, die Echtzeitfähigkeit, die hohe Zeitauflösung und die Performance sowie der Unterstützungsgrad von Prozessen, beispielsweise im Rahmen der ISO 50001 in

Frage [67]. Zudem kann es entscheidend sein, bereits vorhandene Strukturen an Energiezählern und Datenübergabegeräten in das Softwaresystem integrieren zu können [89].

4.5 Einführung einer EnMS-Software

Bei der Einführung einer Software genügt es nicht, in diese zu investieren und sie auf technischer Seite zur Verfügung zu stellen. Damit eine entsprechend hohe Unterstützung der Software für das Energiemanagement gewährleistet wird, muss sichergestellt werden, dass Strukturen und Arbeitsabläufe sowie bisherige Verhaltensweisen mit der Anwendung der Software in Einklang gebracht werden. Durch die Einführung eines Softwaresystems, müssen Daten und Prozesse inhaltlich und strukturell neugestaltet und gewohnte Arbeitsabläufe verändert werden. Es ist daher notwendig, neben der technischen Planung und Umsetzung (siehe Kapitel 4.2), auf organisatorischer Seite die geeigneten Instrumente zu finden, die eine reibungslose Einführung der Software gestatten. Hier bieten sich unter Anderem gängige Change-Management-Methoden an, auf die im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht tiefer eingegangen wird [79]. Prinzipiell lässt sich der Einführungsprozess anhand der Abbildung 14 beschreiben.

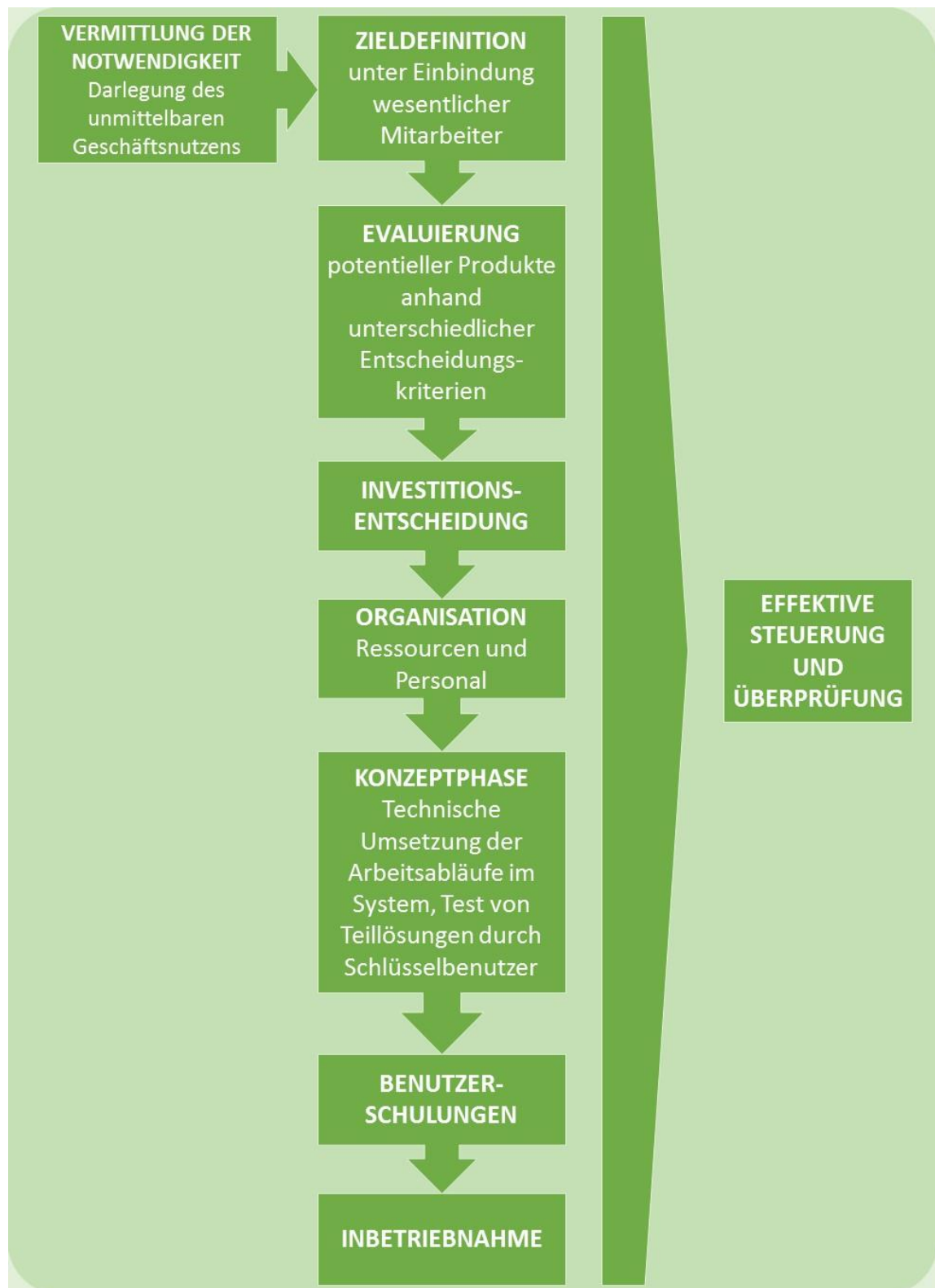


Abbildung 14: Einführungsprozess einer Software, angelehnt an [79]

5 Ermittlung von Softwarewerkzeugen zur Unterstützung der Prozesse der ISO 50001 und Bewertung verfügbarer Softwareprodukte auf dem Markt

Insbesondere bei einem Querschnittsthema wie dem Energiemanagement, ist es für Unternehmen erforderlich, zunächst zu prüfen, ob das Softwaresystem den spezifischen Anforderungen der Benutzenden gerecht wird. Im vorangegangenen Kapitel wurden bereits die allgemeinen Systemanforderungen sowie nützliche Zusatzwerkzeuge dargestellt, an denen sich Unternehmen bei der Auswahl einer geeigneten EnMS-Software orientieren können. In diesem Kapitel sollen nun einige Softwarewerkzeuge gesammelt werden, anhand derer ein Kriterienkatalog entwickelt wird, durch den es möglich werden soll, die Fähigkeit einer EnMS-Software hinsichtlich ihres Grades der Unterstützung für die Prozesse, die im Rahmen der DIN EN ISO 50001 durchzuführen sind, zu bewerten. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Prozessen des PDCA-Zyklus. Dieser Kriterienkatalog soll sowohl auf Literaturquellen, aus den zuvor genannten Marktspiegeln zu EnMS-Softwaresystemen, als auch auf Erkenntnissen, die im Rahmen dieser Arbeit gesammelt worden sind und auf einigen ausgewählten Softwarebeispielen (z.B. SIMATIC Energy Manager PRO, Siemens AG) basieren. Er stellt somit den Praxisteil der Arbeit dar. Der Kriterienkatalog geht insofern über einen Marktspiegel hinaus, da die definierten Merkmale direkt in Bezug zu den Anforderungen der ISO 50001 gesetzt werden und deren Nutzen, hinsichtlich der praktischen Anwendung der in der Norm festgelegten Strukturen, vorab dargestellt wird. Ziel des Kriterienkataloges ist außerdem, zu bewerten, inwieweit die Prozesse des PDCA-Zyklus im Rahmen eines EnMS mit den am Markt verfügbaren Softwareprodukten automatisierbar sind.

5.1 Mögliche Software-Funktionen für die Realisierung des PDCA-Zyklus in der Literatur

Für die Umsetzung des PDCA-Zyklus ist es von hoher Relevanz, Prozesse fortlaufend zu beobachten und weiterzuentwickeln. Die softwaremäßige Erfassung von Prozessentwicklungen kann dabei unterstützen, dass Maßnahmen und Veränderungen im Prozessablauf unmittelbar auf ihre Auswirkungen hin untersucht werden können und ihre Effizienz bewertet werden kann.

Der Zweck eines betrieblichen Informationssystems ist insbesondere jener, „das Management der betroffenen Unternehmensbereiche mit Berichten und Analysen zu versorgen, die über Schwachstellen bezüglich des Erreichens der gesteckten (...)ziele informieren“. (vgl. [90], S.573). Es sollen „systematische von zufälligen Schwachstellen“ getrennt werden, und Schwerpunkte bezüglich der Einleitung entsprechender Korrekturmaßnahmen, die zur Schwachstellenbeseitigung notwendig sind, aufgezeigt werden. Zusätzlich sollten Selektierungen, nach Verbrauchsart, Verbraucher sowie Fehlerart stattfinden [ebd.]. Ziel ist es, durch die in der Analyse gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Fehlerursachen und des Handlungsbedarfs, entsprechende Korrekturmaßnahmen einzuleiten, um Schwachstellen zu eliminieren.

Nach (Sauer, 2016) lassen sich als mögliche Softwarefunktionen zur Unterstützung des PDCA-Zyklus von EnMS nach ISO 50001 die in der Abbildung 15 dargestellten Kategorien identifizieren.

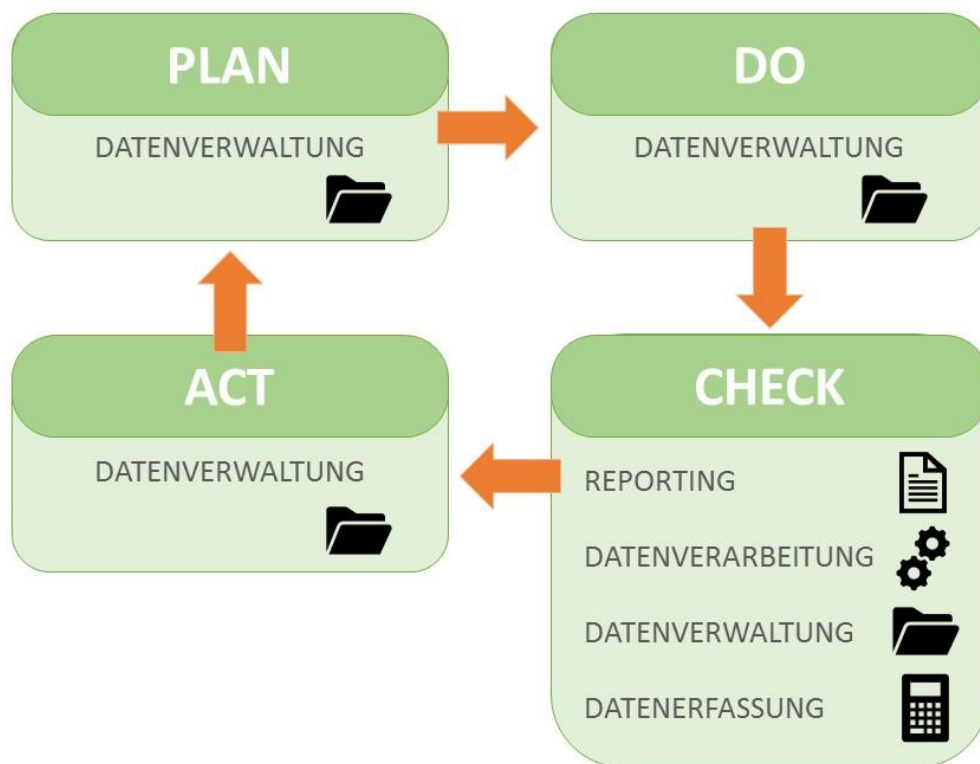


Abbildung 15: Softwarefunktionen für die Realisierung des PDCA-Zyklus, angelehnt an [40]

So sind im Rahmen der Planung insbesondere die Dokumentation und die Verwaltung der energetischen Ausgangsbasis, der strategischen und operativen Energieziele sowie

der Aktionspläne im Softwaresystem wichtig. In der Umsetzung sollten ebenfalls Dokumentationswerkzeuge für umgesetzte Maßnahmen vorhanden sein, während in der Überprüfungsphase außerdem Werkzeuge zur Unterstützung des energiebezogenen Berichtswesens (Generierung von Berichten in Abstimmung mit Energiezielen und Aktionsplänen durch die Software) sowie zur Datenerfassung und zur Datenverarbeitung hinzukommen sollten. In der Handlungsphase sollten wieder Dokumentations- und Datenverwaltungswerkzeuge, insbesondere für die Dokumentation von Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung, vorhanden sein. Im Rahmen der Datenverwaltung sollten Benutzer- und Zugriffsrechte geregelt werden [40].

5.2 Ausarbeitung möglicher Softwarefunktionen

In den folgenden Kapiteln werden die Funktionen herausgearbeitet, die eine EnMS-Software, der bisherigen Recherche zufolge, beinhalten sollte, um den Anforderungen der ISO 50001 gerecht zu werden. Wenn im Folgenden von der Norm und von Normkapiteln gesprochen wird, so sind die ISO 50001 und Normkapitel der ISO 50001 gemeint.

Die Ergebnisse werden zusammengeführt in einer Tabelle dargestellt. Die Tabelle ist in den Anlagen dieser Arbeit verankert.

5.2.1 Planungswerkzeuge

In diesem Kapitel werden Werkzeuge für den Energieplanungsprozess (PLAN) herausgearbeitet. Dazu gehören die Erfüllung gesetzlicher Anforderungen, die energetische Bewertung und die anschließende Beschreibung der energetischen Ausgangsbasis sowie die Bildung von Energiekennzahlen und die Entwicklung von Aktionsplänen.

Anlegen eines Energie-Rechtsverzeichnisses:

↗ Rechtsverzeichnis

Innerhalb der Software sollte eine Funktion zur Erstellung eines individuellen und standortbezogenen Rechtsverzeichnisses verfügbar sein. Innerhalb der Funktion sollten unternehmensrelevante Verpflichtungen, Verordnungen, Richtlinien, technische Regeln, Satzungen, Normen und Gesetze jeglicher Art aktuell gehalten und verwaltet werden können. Bei der Erstellung des Rechtsverzeichnisses sollte es möglich sein, verschiedene Kategorien zu erstellen und die jeweiligen resultierenden Anforderungen Prozessen und Nutzergruppen zuzuordnen. Es sollte die Möglichkeit eines Verweises auf den

gesamten Gesetzestext geben. Die Software sollte Änderungen und Neuerungen in einer integrierten Revisionshistorie aufzeichnen. Zudem sollten eigene Kommentare hinterlegt werden können und eine Konformitätsbewertungsfunktion über den Einhaltungsgang vorhanden sein [91].

Werkzeuge für die energetische Bewertung:

Im Rahmen der energetischen Bewertung sollte die Software bestehende Verbrauchsstrukturen vollständig abbilden können. Ziel ist es, den Energieverbrauch und die Energiekosten verursachergerecht den entsprechenden Anlagen, Betriebsstellen und Produkten sowie Maschinen- und Prozessdaten zuzuordnen. Die Modellierung der Energiestruktur von der Hauptverteilung bis zu den Subverteilungsanlagen kann innerhalb eines Struktureditors erfolgen. Als weitere Möglichkeit für die Darstellung der Energiestrukturen kommt die Erstellung eines Verbraucherverzeichnisses in Frage. Mithilfe von Prozesslandkarten und Mengenstrom-Diagrammen sollen zudem Schwachstellen und Potenziale in Prozessen identifiziert werden können. Die Norm fordert in Kapitel 4.4.3 c) zudem die Abschätzung des zukünftigen Energieeinsatzes und -verbrauchs. Dafür sollte ein Modul für die Berechnung von Verbrauchsprognosen vorhanden sein. In einem Maßnahmenkatalog werden die identifizierten Möglichkeiten zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung priorisiert und aufgezeichnet.

↗ Geschäftsprozessmodellierung

Der Prozess der energetischen Bewertung sollte mithilfe eines Prozessmodellierungswerkzeugs aufgezeichnet werden können.

↗ Verwaltung der Energiemedien

Für die Ermittlung derzeitiger Energiequellen sollte es möglich sein, die verschiedenen Energiemedien im System zu verwalten.

↗ Verwaltung von Energieverbrauchswerten

Grundlage der energetischen Bewertung sind Energieverbrauchswerte aus der Vergangenheit. Es sollte daher sowohl die Möglichkeit geben, historische Werte als Vergleichsbasis, als auch aktuelle Werte zur Abbildung der momentanen Situation im System zu hinterlegen.

↗ Struktureditor/Verbraucherverzeichnis

Innerhalb eines Struktureditors sollte jede Organisationseinheit (Standorte, Prozesse, Kostenstellen, o.ä.) des Unternehmens individuell abgebildet werden können, sodass es möglich wird, jede betriebliche Einheit mit ihren energetischen Eigenschaften getrennt zu betrachten und mit Objektinformationen zu füllen. Darüber hinaus sollten außerdem Zähler- und Messstellenstrukturen sowie Schaltpläne verankert werden können. Auch die Erfassung und Definition aller im Unternehmen eingesetzten Energieträger und -medien sollte im Struktureditor möglich sein (siehe ↗ Verwaltung der Energiemedien). Hier bietet sich außerdem eine Eingabemöglichkeit der Tarife der unterschiedlichen Energieträger des Unternehmens und die Hinterlegung von Energieabrechnungen an. So wird es möglich, energiebezogene Verbräuche und Kosten auf einzelne Geschäftseinheiten, Abteilungen, Mitarbeiter, Anlagen und Produkte herunterzubrechen.

Eine weitere Verwaltungsmöglichkeit, die eine Korrelation von Energiedaten mit Maschinen- und Anlagendaten sowie mit Produktionsdaten (z.B. Chargen, Stückzahl), Leistungsverläufen und Standorten erlaubt, ist ein Verbraucherverzeichnis [71]. Das Verzeichnis kann in Form einer Matrix dargestellt werden. Exemplarisch für das Medium Strom, werden den Verbrauchern (Beleuchtung, Gebäude, Anlagen) ihre durchschnittliche Leistung, ihre geschätzte monatliche Betriebsdauer, ihr monatlicher Energieverbrauch, der jeweilige Geschäftsprozess oder das jeweilige Produkt sowie die jeweiligen Standorte und Betriebsstellen zugeordnet

↗ Abbildung der Kostenstellenstruktur

Mithilfe der Abbildung der Kostenstellenstruktur sowie der Abrechnung mit Kostenstellenrelation, wird die verursachergerechte Bilanzierung der Energiekosten möglich. Energiekosten können so auf einzelne Kostenträger oder Produkte aufgeteilt werden. Eine Schnittstelle zu einem ERP-System sollte vorhanden sein.

↗ Prozesslandkarte

Mithilfe einer softwaregestützten Modellierung von Prozessen lassen sich Erkenntnisse und Zusammenhänge existierender Ineffizienzen und Potenziale zur Verbesserung in Prozessen leichter zuordnen. Es sollten individuelle Darstellungsformen gewählt werden können, um entsprechende Prozesslandkarten zu erstellen.

↗ Sankey-Diagramme

Ein wichtiges Hilfsmittel ist außerdem die Modellierung der wesentlichen innerbetrieblichen Energieflüsse. Sie werden meistens mithilfe von Sankey-Diagrammen dargestellt.

Unterschiedlich hohe Mengenströme (z.B. Energiemenge, Energiekosten) werden hier durch unterschiedliche Pfeilstärken veranschaulicht [92].

↗ Verbrauchsprognosen

Es sollte eine Funktion vorhanden sein, mit der die derzeitige sowie die zukünftige energiebezogene Leistung bestimmt werden kann. Für zukünftige Werte sollten Verbrauchsprognosen durchgeführt werden können. Mögliche Methoden sind dabei beispielsweise Lastgangprognosen und Energieverbrauchstrends auf Basis von Schichten, Produktionsplänen oder der Regressionsanalyse [93]. Die Einbindung von Wetterdaten sollte möglich sein. Hierfür sollten der Erfassungszyklus von Wetterdaten frei definierbar und Berechnungsverfahren zur Witterungsbereinigung integriert sein. Durch die Berechnung von Prognosen zur Vorhersage und Planung des Energiebedarfs für einen bestimmten Zeitraum, können Einkaufsvorteile beim Energielieferanten geschaffen werden. Das Unternehmen bekommt dadurch ein Werkzeug in die Hand, mit dem es Beschaffungsstrategien für den Energieeinkauf entwickeln kann. Ist hier eine Vernetzung mit den Vertragsdaten des Stromliefervertrags möglich, können verschiedene Beschaffungsstrategien entwickelt und mit einer Bepreisung versehen werden und die verschiedenen Handlungsalternativen verglichen werden.

↗ Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion

In einem Maßnahmenkatalog sollen identifizierte Möglichkeiten zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung verwaltet und nach ihrer Priorität kategorisiert werden.

Beschreibung der energetischen Ausgangsbasis:

↗ Verwaltung des Ausgangswerts und visuelle Darstellung

Im Rahmen der Festlegung der energetischen Ausgangsbasis sollten grafische Darstellungen verfügbar sein, die eine Übersicht über verwendete Energieträger und die Höhe der Energiekosten geben. Für die Darstellung eignen sich beispielsweise Kreis- oder Balkendiagramme, die den Energieverbrauch oder die Energiekosten nach Energieträgern oder nach Bereichen aufschlüsseln sowie Mengenstromdiagramme (siehe ↗ Sankey-Diagramme).

↗ Meldefunktion

In der Norm wird in Kapitel 4.4.4 gefordert, dass die energetische Ausgangsbasis angepasst werden muss, wenn

- a) die Energieleistungszahlen nicht länger repräsentativ für den Energieeinsatz/Energieverbrauch des Unternehmens sind und
- b) wesentliche Veränderungen in Prozessen, betrieblichen Abläufen oder im Energiesystem vorgenommen worden sind.

Es sollte daher eine Meldefunktion geben, durch die angezeigt wird, wenn

- a) Energieleistungskennzahlen in der Software neu definiert werden und
- b) Änderungen im Struktureditor oder in Prozesslandkarten vorgenommen wurden.

Zudem sollte der Aktualisierungsbedarf nach einem festgelegten Zeitraum angezeigt werden.

Energieleistungskennzahlen:

↗ Kennzahlenbildung

Hier sollte eine Funktion vorhanden sein, die die freie Definition von Kennzahlen erlaubt. Durch ausführliche Definitionen der Messgrößen und mathematische Formeln werden die Kennzahlen konkretisiert.

↗ Kennzahlensystem

Festgelegte Kennzahlen sollten in einem Kennzahlensystem so archiviert und abgebildet werden, dass das Controlling oder das Management mit ihnen arbeiten kann und sinnvolle Aussagen ermöglicht werden. In einem Kennzahlensystem werden einzelne Kennzahlen logisch in Bereiche (beispielsweise Organisationseinheiten) gruppiert und übersichtlich dargestellt. Eine historische Darstellung des Ist-Werte-Verlaufs gibt einen Überblick über die Trends der festgelegten Kennzahlen. Das Kennzahlensystem ist bestenfalls unmittelbar in die Balanced Scorecards (siehe ↗ Verwaltung der Energieziele) integriert, sodass die Kennzahlen mit Energiezielen und Sollwerten verlinkt werden können [65].

↗ Geschäftsprozessmodellierung

Die Methodik für die Bestimmung der Energieleistungskennzahlen und ihrer Aktualisierung sollte innerhalb einer Prozessbeschreibung aufgezeichnet werden können.

Festlegung der Energieziele:

↗ Berechnung der Energieziele

Der theoretische Energieverbrauch einer bestimmten Anlage oder anderer Verbraucher sollte unter der Berücksichtigung des tatsächlichen Energieverbrauchs und der Parameter, die den Energieverbrauch beeinflussen, berechnet werden können, um mittels einer quantitativen Methode strategische Energieziele definieren zu können.

↗ Verwaltung der Energieziele

Energieziele können in sogenannten Balanced Scorecards angelegt werden [82]. Diese gelten als ein Kommunikations- und Informationssystem, das die Umsetzung sowie Überwachung von Energiezielen fördern soll. Balanced Scorecards dienen insbesondere der Übersetzung strategischer Ziele in operative Geschäftsprozesse sowie deren Zuordnung zur jeweiligen Organisationseinheit. Es geht dabei nicht nur um finanzielle Kennzahlen und Zielgrößen, sondern außerdem um Ziele in Bezug auf die Stakeholder des Unternehmens, um interne Geschäfts- sowie Lern- und Wachstumsprozesse. Diese vier Ebenen werden im Rahmen der Balanced Scorecards als Perspektiven bezeichnet und sollen die gesamte Wertschöpfungskette eines Unternehmens abbilden. Auch die übergeordnete Energiepolitik kann teilweise durch Balanced Scorecards ausgedrückt werden [94] [95]. Die Abbildung 16 stellt eine Balanced Scorecard für das EnMS beispielhaft dar.

Bei der Erstellung einer Balanced Scorecard sollten Organisationseinheiten individuell definiert werden und jedem Geschäftsbereich oder jeder Abteilung die jeweiligen Ziele und die dazugehörigen Attribute (Kennzahlen, Vorgaben und Maßnahmen) zugeordnet werden können. Es sollte möglich sein, die Ziele der passenden Perspektive zuzuordnen. Auch die Korrelation der Ziele untereinander stellt ein interessantes Werkzeug dar, um Interdependenzen zwischen den Energiezielen zu erkennen. Innerhalb grafischer Darstellungen (beispielsweise innerhalb einer Prozesskette) kann der Ursache-/Wirkungszusammenhang veranschaulicht werden. [95]

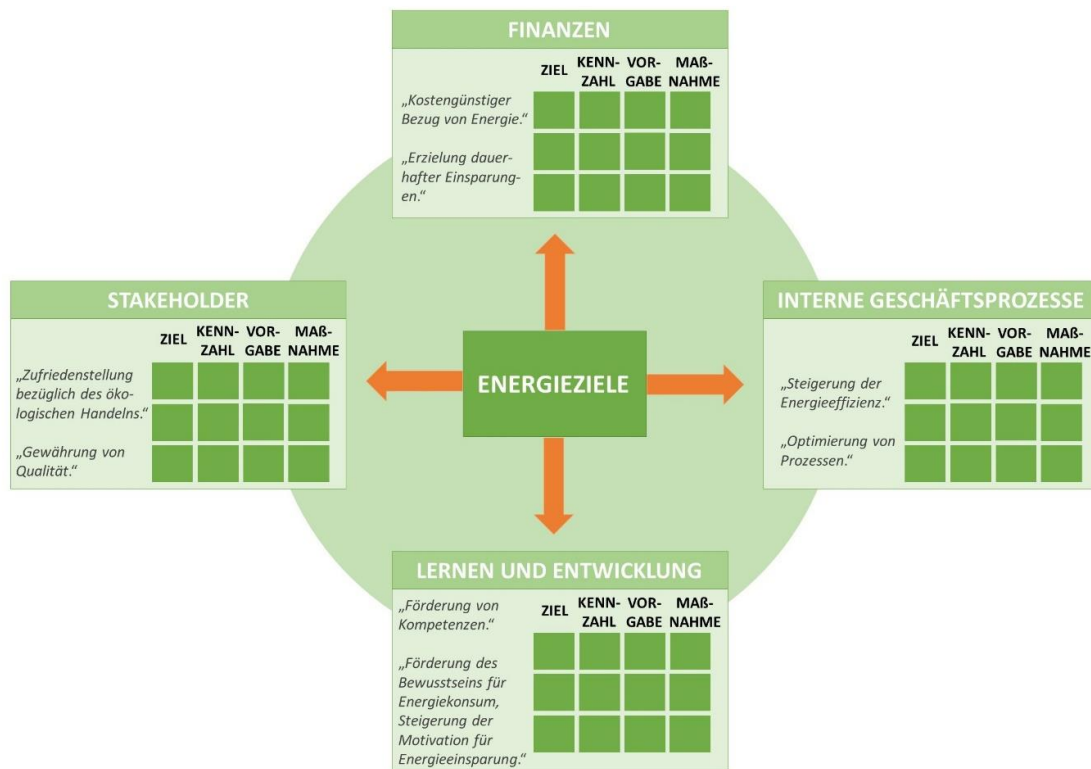


Abbildung 16: Beispiel einer Balanced Scorecard im Rahmen der Verwaltung von Energiezielen

Verankerung der Aktionspläne:

Die Software sollte eine Festlegung konkreter Maßnahmen erlauben und Aktionspläne verwalten können. Strategische Aktionen für die Energieziele werden hier mit konkreten Maßnahmen und Projekten ausgestattet sowie mit einer Terminplanung hinterlegt. Durch ein integriertes Projektmanagement sollte eine standardmäßige Übersicht über die Projektstrukturierung gegeben werden können. Im Folgenden werden die wesentlichen Funktionen im Rahmen des Projektmanagements aufgezeigt.

↗ Organigramm-Editor

Für die Strukturierung des Managementsystems sollte eine hierarchische Gliederung des gesamten EnMS möglich sein. Dazu gehört das Festhalten der Aufbauorganisation im Softwaresystem für das zielgerichtete Arbeiten im Rahmen des EnMS. Zuständigkeiten, Verantwortungen und Befugnisse sollten klar festlegbar sein und Aufgaben kreiert und zugeordnet werden können. Für die visuelle Darstellung der Aufbauorganisation eignet sich ein Organigramm-Editor. Idealerweise sind ausgehend vom Organigramm Stellenbeschreibungen abrufbar und der Kommunikationsfluss innerhalb des EnMS klar zu erkennen.

↗ Geschäftsprozessmodellierung

Ähnlich sollte die Ablauforganisation erstellt und verankert werden können, um jedem Mitarbeiter (auch außerhalb des EnMS) die Möglichkeit zu geben, sich über die fachgerechte Umsetzung der Tätigkeiten und Forderungen im Rahmen des EnMS zu informieren. Insbesondere die Methode für die Überprüfung der energiebezogenen Leistung und der Ergebnisse sollte hier dokumentiert werden können. Die interaktive Darstellung der Ablaufdiagramme sollte ähnlich wie im Organigramm-Editor gelöst werden können. Hierfür eignet sich das bereits aufgeführte Werkzeug der Geschäftsprozessmodellierung. So sollten einzelne Ablaufschritte und Geschäftsprozesse mit Prozessbeschreibungen und detaillierten Arbeits- und Verfahrensanweisungen hinterlegt und innerhalb einer Prozesslandkarte lückenlos dargestellt werden können.

↗ Maßnahmenmanagement

Innerhalb des Maßnahmenmanagements können konkrete Maßnahmen festgelegt werden. Jede Maßnahme oder jedes Projekt erhält eine Terminzuordnung (siehe ↗ Terminplanung und -kontrolle) und eine Zuordnung des Projektverantwortlichen (siehe ↗ Personalplanung und -kontrolle). Für den Projektverantwortlichen sollte es die Möglichkeit geben, den Erreichungsgrad der Maßnahme einzutragen (siehe ↗ Monitoring-Tool Aktionsplan, ↗ Monitoring-Tool Energieziele). Um jederzeit über den aktuellen Stand von Maßnahmen informiert zu sein, sollten die Informationen über die Prozesse außerdem historisch verfolgbar sein. Jeder Arbeitsschritt sollte dokumentiert werden können und jederzeit nachvollziehbar sein, sodass eine lückenlose Rückverfolgung jeder Maßnahme möglich wird. Innerhalb des Maßnahmenmanagements sollte außerdem eine Sammlung möglicher zukünftiger Maßnahmen verwaltet und ein Überblick über noch offene Anforderungen und durchzuführende Verbesserungen gegeben werden können (siehe ↗ Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion).

↗ Terminplanung und -kontrolle

Innerhalb einer Kalenderfunktion sollten zeitliche Zielgrößen und Termine verwaltet werden können. Eine für den jeweiligen Verantwortlichen integrierte Termin-Update-Funktion lässt die Möglichkeit zu, den Projektfortschritt zu verfolgen. Der Projektfortschritt kann beispielsweise innerhalb eines Gantt-Diagramms, in dem außerdem alle weiteren Projektaktivitäten gegliedert in ihren Teilphasen auf einer Zeitachse versehen sind, visuell dargestellt werden. Für das Controlling im Rahmen der Termineinhaltung sollte es außerdem eine Funktion geben, Termin-Trend-Diagramme zu erstellen. Im Kalender sollten beispielsweise Termine für anstehende Messungen, Schulungen, Workshops, Meetings, Audits, zu erreichende Ziele und durchzuführende Maßnahmen eingetragen

werden können. Terminerinnerungen sollten automatisch versandt werden (siehe ↗ Terminplanung und -kontrolle).

↗ Personalplanung und -kontrolle

Bei der Personalplanung sollte eine Verwaltung aller direkt und indirekt in das EnMS eingebundenen Mitarbeiter, eine Zuweisung ihrer Rollen und Zuständigkeiten sowie eine Erstellung ihrer Aufgaben möglich sein. Die Beziehung zwischen den Verantwortlichen sollte klar nachvollziehbar sein. Über das System sollten Beteiligte vorab automatisch auf anfallende Aufgaben hingewiesen werden.

↗ Kostenplanung und -kontrolle

Um festzustellen, wie sich Ausgaben im Rahmen des EnMS auf Budgets und Prognosen auswirken, sollte ein Kostenplanungstool zur Kostenermittlung vorhanden sein. Insbesondere die Budgetierung der Energieziele sollte in einem spezialisierten Planungstool möglich sein. Kostenträger, Kostenart und Kostenstelle sollten definiert werden können. Zur Kostenkontrolle sollten kalkulatorische Kostensätze und Ist-Kosten in Bezug zueinander gesetzt werden. Es sollten verschiedene Währungen für die Kalkulation verfügbar sein.

5.2.2 Umsetzungswerkzeuge

Die Umsetzung des EnMS erfolgt über die Einbindung der Mitarbeiter, eine angemessene Dokumentation und Kommunikation, die Überprüfung energierelevanter Prozesse und die Beschreibung aller durchzuführenden Prozesse im Rahmen des EnMS. Hierfür werden im folgenden Kapitel geeignete Softwarewerkzeuge ermittelt.

Mitarbeiterqualifikation:

Die im Normkapitel 4.5.2 a) sowie 4.5.2 b) geforderten Kenntnisse über die Verfahren und Anforderungen des EnMS sowie über die Rollen und Verantwortlichkeiten werden durch die Geschäftsprozessmodellierung und den Organigramm-Editor abgedeckt (siehe ↗ Geschäftsprozessmodellierung, ↗ Organigramm-Editor). Die Forderung im Normkapitel 4.5.2 d), jedem Mitarbeiter Kenntnis über den potenziellen Einfluss seiner Tätigkeiten auf den Energieeinsatz und den Energieverbrauch zu vermitteln, wird durch den bereits aufgeführten Struktureditor beziehungsweise dem Verbraucherverzeichnis sowie die Prozesslandkarte (siehe ↗ Struktureditor/Verbraucherverzeichnis, ↗ Prozesslandkarte) sichergestellt. Im Folgenden werden drei weitere Werkzeuge beschrieben, durch welche die restlichen Forderungen des Normkapitels erfüllt werden können.

↗ Schulungsplanung

Mithilfe eines Schulungsplanungstools werden Schulungsinhalte für Schulungen, die im Rahmen des EnMS stattfinden sollen, verwaltet und fortlaufend aktualisiert. Für jede Rolle und Funktion im Rahmen des EnMS sollten die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten sowie die jeweiligen Schulungsmaßnahmen und -pläne (im Falle interner Schulungen) zugeordnet werden können. Zudem sollten diejenigen Mitarbeiter, die am EnMS beteiligt sind, die Möglichkeit bekommen, sich eigeninitiativ in ihre Aufgaben einzuarbeiten. Dies könnte dadurch erfolgen, dass jeder Rolle und Funktion zusätzlich die jeweiligen Verfahrensanweisungen, Prozessbeschreibung und die relevanten Dokumente zugewiesen werden. Schulungsteilnahmezertifikate sollten innerhalb der Software erstellt werden können.

↗ Qualifikationsmatrix

Um den mitarbeiterspezifischen Qualifikationsbedarf für die Umsetzung energierelevanter Tätigkeiten zu ermitteln und entsprechende Maßnahmen (Schulungen, Workshops, Einweisungen) einzuleiten sowie die Teilnahme an den Qualifikationsmaßnahmen zu dokumentieren und auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen, sollte das Einrichten einer Datenbank möglich sein, in der alles nachvollziehbar abgewickelt werden kann. Jedem Mitarbeiter sollten die Qualifikationsmaßnahmen terminiert zugeordnet werden können. Der aktuelle Ausbildungsstand sollte zudem sichtbar sein [96].

↗ Digitales schwarzes Brett

Auf einem digitalen schwarzen Brett könnten wichtige Informationen, Neuigkeiten oder aussagekräftige Kennzahlen bezüglich der energetischen Leistung übersichtlich aufbereitet werden. Dies soll zur aktiven Teilnahme und Sensibilisierung der Mitarbeiter beitragen und die Vorteile einer verbesserten energiebezogenen Leistung aufzeigen.

Kommunikation:

Die Motivation der Mitarbeiter wird durch eine kontinuierliche Berichterstattung von Zwischenzielen aufrechterhalten. (IT-gestützt, S.15) Dies kann entweder in Form regelmäßig generierter Berichte (siehe ↗ Reporting) oder durch Sichtbarmachung des Umsetzungsstatus von Zielen im Rahmen von Monitoring-Tools (siehe ↗ Monitoring Aktionsplan, ↗ Monitoring Energieziele) geschehen. Software-Komponenten, die die in Kapitel 4.5.3 der Norm geforderte Einbindung der Mitarbeiter sicherstellen, sind das Ideenmanagement, ein Diskussionsforum und Kommentarfunktionen. Für die Generierung von Reports im Rahmen der externen Kommunikation eignet sich das Hilfsmittel

der Auditergebnis-Ausgabe (siehe ↗ [Auditergebnisausgabe](#)) oder die Reporting-Funktion (siehe ↗ [Reporting](#)). Die Inhalte sollten frei bestimmbar sein und an die Empfänger verteilt werden.

↗ [Ideenmanagement](#)

Mit einer Komponente, die die Sammlung von Verbesserungsvorschlägen möglich macht, kann ein Hilfsmittel geschaffen werden, mit dem die Kenntnisse der Mitarbeiter für konkrete Verbesserungsmaßnahmen genutzt werden [61]. Hier sollten Ideen erfasst, bewertet, gesteuert und ausgewertet werden können. Die Ideeneinreichung kann durch elektronische Meldeformulare erfolgen. Nach Eingang einer Idee sollte diese auf ihre Umsetzbarkeit oder hinsichtlich ihres Einsparpotenzials von einem Gutachter bewertet werden und als eine daraus abgeleitete Maßnahme möglicherweise Platz im Maßnahmenkatalog finden (siehe ↗ [Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion](#)). Die Ideen sollten für alle Mitarbeiter einsehbar sein und kommentiert werden können. Denkbar ist außerdem eine Funktion zur automatischen Berechnung von Prämien nach einem individuell festlegbaren Prämienmodell [97].

↗ [Forum](#)

Der Kommunikationsbedarf beteiligter Mitarbeiter kann innerhalb eines organisationseigenen Forums gedeckt werden. Hier kann beispielsweise Team-Brainstorming stattfinden.

↗ [Kommentarfunktion](#)

Mitarbeiter sollten zudem die Möglichkeit haben, verschiedene Dokumente zu kommentieren. Dies eignet sich unter anderem für Aktionspläne und das EnMS-Handbuch aber auch für Dokumentenvorlagen.

Dokumentation:

Die Dokumentationsanforderungen nach Kapitel 4.5.4.1 a) bis c) der Norm sollten durch einfache Abruffunktionen erfüllt werden. So sollten beispielsweise die in den Balanced Scorecards verwalteten Energieziele für jeden Mitarbeiter einfach aufzufinden sein. Für die Beschreibung aller Elemente des EnMS sowie für die Verzeichnung aller Dokumente eignet sich außerdem die Möglichkeit der Erstellung eines Handbuchs. Jegliche Dokumente nach Kapitel 4.5.4.1 d) und e) der Norm sollten in einem Dokumentencenter abgelegt werden können. Der Zugriff auf alle Dokumente und Aufzeichnungen über eine einzige Benutzerschnittstelle vermeidet die Notwendigkeit der Verwendung einzelner Werkzeuge wie Excel oder Word. Die Lenkung von Dokumenten nach Normkapitel

4.5.4.2 erfolgt einerseits nach einem fest verankerten, vorgeschriebenen Dokumentationsprozessmodell und nach erstellbaren Dokumentenvorlagen sowie durch ein Werkzeug, durch das sichergestellt wird, dass Änderungen und Revisionsstände der Dokumente feststellbar sind.

↗ EnMS-Handbuch

Ausgehend von der Software sollte ein komplettes EnMS-Handbuch erstellbar sein. Es sollte für alle Mitarbeiter zugänglich sein. Änderungen sollten automatisch an sie weitergeleitet werden. Eine Suchfunktion sollte implementiert sein, sodass erforderliche Informationen schnell gefunden werden

↗ Dokumentencenter

Innerhalb des Dokumentencenters sollte ein elektronischer Austausch von Dokumenten und deren dauerhafte Speicherung möglich sein. Es sollte ein Dokumentenverzeichnis erstellbar sein, in dem alle vorhandenen Dokumente übersichtlich dargestellt sind und abgerufen werden können. Die Dokumente sollten mit Attributen belegt werden können (zum Beispiel Kategorie, Typ, Zeitraum). Abgelegt werden sollten sowohl eigens erstellte Dokumente sowie externe Dokumente (beispielsweise Rechnungen von Versorgern zur Überprüfung der Energierechnungen und dem Vergleich von Energiekosten und Energielieferverträge). Eine Volltext-Recherchefunktion sollte vorhanden sein, um die Dokumentenauffindung zu erleichtern. Extern erstellte Dokumente (beispielsweise Word-, Excel- oder PDF-Dateien) sollten dafür volltextindexiert werden können, sodass sie über die Suchfunktion auffindbar sind. Für Papierdokumente eignet sich eine integrierte Scan-Funktion [98].

↗ Dokumentvorlagen

Es sollten Dokumentenvorlagen erstellt und im Dokumentencenter verwaltet werden können.

↗ Geschäftsprozessmodellierung

Die Lenkung des Dokumentationsprozesses und der Dokumente sollte wie die Methodik der energetischen Bewertung und die Methodik der Kennzahlenbildung durch ein Geschäftsprozessmodellierungswerkzeug verwirklicht werden können.

↗ Dokumentenhistorie

Die Überarbeitung eines Dokumentes sollte zur Freigabe, Prüfung und Kenntnisnahme an weitere Mitarbeiter gesendet werden können. Versionen sollten archiviert und untereinander verglichen werden können und die Versionsnummernvergabe automatisch vergeben werden. So soll sichergestellt werden, dass die Historie der Dokumente lückenlos nachvollziehbar ist. Es sollte stets erkennbar sein, welches Dokument der Aktualität entspricht [93].

Ablauflenkung:

Verfahrensanweisungen sollten innerhalb des EnMS-Handbuchs verankert werden. Es eignen sich Prozesslandkarten, der Organigramm-Editor oder das Werkzeug für die Geschäftsprozessmodellierung (siehe ↗ Geschäftsprozessmodellierung, ↗ Organigramm-Editor, ↗ Prozesslandkarten). Hierfür wird daher kein alleinstehendes Werkzeug im Kriterienkatalog definiert.

Auslegung und energierelevante Entscheidungen:

Die Beschaffung von Energie wird mithilfe der Verbrauchsprognosefunktion strukturiert geplant (siehe ↗ Verbrauchsprognosen). Hier kann ein Vergleich unterschiedlicher Tarifmodelle stattfinden.

↗ Anforderungskatalog

Für die Bewertung geeigneter Lieferanten und Produkte, die den Effizienz- sowie Kostenanforderungen des Unternehmens entsprechen, bedarf es der Aufstellung eines Anforderungskatalogs. Dieser sollte aus übergreifenden, objektiven Bewertungskriterien (auch: Indikatoren) bestehen, die eindeutig definieren, welche Güter und Leistungen zu beschaffen sind, sodass die Auswahl der Lieferanten strukturiert stattfinden kann [99]. Hier sollte es die Möglichkeit geben, relevante Zertifikate, Aussagen von Unternehmen oder Auditberichte abzuspeichern (beispielsweise über die Umsetzung und Einhaltung von Effizienzstandards), sodass Entscheidungen fundiert begründet werden können. Such- und Filterfunktionen sollten vorhanden sein.

5.2.3 Überprüfungswerkzeuge

Angelehnt an (Stockinger, 1988) dient die Datenerfassung

- dem Erkennen von Fehlern und Schwachstellen im betrieblichen Energiesystem;
- der Gewinnung von Daten über den Energieverbrauch und die Energiekosten sowie über die energetische Leistung;
- der Ermittlung des Energieeffizienzgrades sowie
- der Vorbeugung von Betriebsrisiken. [90]

Nach (Sauer, 2016) ist die Datenerfassung die Voraussetzung für Qualität und Genauigkeit bei der Planung, Visualisierung und Überwachung der Produktion auf energetischer Ebene. [40] Mithilfe gewonnener Daten soll eine Rückmeldung der Wirksamkeit durchgeführter Verbesserungsmaßnahmen bezüglich ihrer Auswirkungen auf den Energieverbrauch und die Energieeffizienz ermöglicht werden. Dadurch können vorbeugende Maßnahmen für den Fall von Ausfällen entwickelt werden. Außerdem dient die Dokumentation energierelevanter Daten der Rechenschaftspflicht gegenüber externen Stakeholdern über den sparsamen Umgang mit Energie sowie der Schaffung von Vergleichswerten für das interne und externe Benchmarking. Mit einem Energiedatenerfassungssystem wird die datentechnische Grundlage für die Umsetzung der Anforderungen gemäß der Normkapitel 4.6.1 a) bis c) geschaffen. Die Forderung, einen Plan für die Energiemessung zu erstellen, wird mithilfe von Messplänen erfüllt. Hier sollten die erforderlichen Datenpunkte sowie die zeitliche Auflösung der Datenerfassung geklärt werden [48] Die im Normkapitel 4.6.1 d) geforderte Überwachung der „Wirksamkeit der Aktionspläne hinsichtlich der Erreichung strategischer und operativer Ziele“ sowie die in Normkapitel 4.6.1 e) geforderte „Bewertung des aktuellen Energieverbrauchs gegenüber dem erwarteten Energieverbrauch“ kann mit einem Monitoring-Tool speziell für Aktionspläne und Energieziele erfolgen. Die Bewertung der Einhaltung rechtlicher Vorschriften und anderer Anforderungen nach Normkapitel 4.6.2 kann mit der Konformitätsbewertungsfunktion innerhalb des Rechtsverzeichnisses erfolgen (siehe ↗ [Rechtsverzeichnis](#)). Die interne Auditierung des EnMS wird durch ein Auditplanungstool, eine Energieaudit-Assistenzfunktion sowie durch die Möglichkeit der automatischen Auswertung und Berechnung von Ergebnissen unterstützt. Für die Überprüfung von Nicht-Konformitäten sowie für die Feststellung der Gründe für deren Auftreten (ISO 50001, Kapitel 4.6.4 a) - b)) eignet sich die Veranschaulichung in Ursache-Wirkungs-Diagrammen. Die Sammlung von Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen (ISO 50001 4.6.4 c) - d)) kann innerhalb einer Wissensdatenbank stattfinden. Für die Sammlung potenzieller Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen (unter Einbezug der Mitarbeiter) kommt das bereits aufgeführte

Werkzeug des Ideenmanagements in Frage (siehe ↗ [Ideenmanagement](#)). Für die Lenkung und Pflege von Aufzeichnungen nach Normkapitel 4.6.4 e) eignen sich das Dokumentencenter und Dokumentenvorlagen sowie die Geschäftsprozessmodellierung (siehe ↗ [Dokumentencenter](#), ↗ [Dokumentenvorlagen](#), ↗ [Geschäftsprozessmodellierung](#)). Für die im Normkapitel 4.6.4 f) geforderte Überprüfung der Wirksamkeit der ergriffenen Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen sollte eine direkte Schnittstelle zum Energieaudit-Assistenten vorhanden sein (siehe ↗ [Energieaudit-Assistent](#)). Dadurch soll sichergestellt werden, dass im Rahmen der nächsten Auditierung die durchgeführten Maßnahmen einer Überprüfung unterzogen werden.

Überwachung, Messung und Analyse:

Für die Vereinheitlichung von Messvorgängen sollten diese als Geschäftsprozess modelliert werden können (siehe ↗ [Geschäftsprozessmodellierung](#)). Je nach Anspruch des Unternehmens an die verfügbaren Informationen kann die Datenerfassung ohne ein teil- bis vollautomatisiertes System stattfinden. Grundsätzlich gilt jedoch, dass eine manuelle Datenerfassung meist weniger detailliert ist (zu grobe Zeitintervalle) und die Aufbereitung der Daten sehr personalintensiv und mit hohem Aufwand verbunden ist. Daher ist ein automatisiertes System zu einem gewissen Grad sinnvoll und bezüglich seiner Auswertungsmöglichkeiten wesentlich flexibler. Die größte Aufmerksamkeit sollte dabei der Erhöhung der Transparenz durch eine Erfassung mit geringst möglicher Komplexität und vertretbarem Aufwand gelten. (Benchmarking) Die Termin- und Personalplanung sowie automatische Ableseerinnerungen im Rahmen der manuellen Datenerfassung lassen die Ressourcenallokation und die Intervallplanung von Messungen zu (siehe ↗ [Manuelle Datenerfassung](#)).

↗ [Zählermanagement](#)

Für die systematische Ordnung und Strukturierung von Datenpunkten sollte innerhalb der EnMS-Software die Zählerverwaltung im Rahmen eines Zählermanagements möglich sein. Hier sollten die Erfassungskomponenten (z.B. Messgeräte, Sensoren und Zähler) sowie deren Attribute (z.B. Georeferenzierung der Zählstellen, Zuordnung zu Kostenstelle, Energieart) angelegt werden können. Durch einen Administrator sollten alle Attribute einfach zu integrieren sein. Die Attribute dienen der verursachergerechten Zurückführung von Messwerten. In dem bereits erwähnten Struktureditor sollte ein Zählerschema verankert werden können (siehe ↗ [Struktureditor](#)). Durch die Software sollten Datenpunkte erstellt und eine logische Verbindung zwischen der Erfassungskomponente und dem Datenpunkt auf dem Datenbankserver konfiguriert werden können. So soll die Kommunikation zwischen Erfassungskomponente und Datenbank zur Speiche-

rung der erfassten Messwerte hergestellt werden. Dabei gilt, je detaillierter die Datenerfassung, desto detaillierter sollte auch die Zuordnung der Messpunkte und die Programmierung der Ein- und Ausgänge in der Softwarelösung möglich sein [40]. Erleichternd und eine wesentliche Support-Funktion der Software kann ein Assistent zur Unterstützung bei einem Zählerwechsel sein [93].

↗ Manuelle Datenerfassung

Die manuelle Eingabe abgelesener Zähl- und Messwerte sollte, insbesondere im Falle von Verbindungsunterbrechungen, im Rahmen der automatischen Datenerfassung beziehungsweise im Falle, dass eine automatische Erfassung aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage kommt, möglich sein. Dazu gehört die Möglichkeit der Handeingabe oder das Werkzeug einer mobilen Erfassungskomponente (Tablet, Smartphone) und der automatische Import (im Falle von Außenbegehungen auch ohne Internetzugang) ins Softwaresystem. Die manuell eingegebenen Daten sollten auf ihre Plausibilität hin geprüft werden (z.B. durch den Vergleich mit historischen Daten) (siehe ↗ Plausibilitätsprüfung). Die für die Erfassung verantwortlichen Mitarbeiter sollten per E-Mail durch einen Ableseauftrag an den Ableseprozess erinnert werden (siehe ↗ Terminplanung und -kontrolle, ↗ Personalplanung und -kontrolle) [72].

↗ Automatische Datenerfassung

Für die durchgehende digitale Erfassung energierelevanter Daten in Echtzeit, müssen die Erfassungskomponenten in das Datenerfassungssystem integriert werden. Die Datenübergabe in die Datenbank sollte automatisch über einen Datenlogger erfolgen. Unstimmigkeiten beim Datenimport sollen innerhalb eines Alarmmanagements angezeigt werden (siehe ↗ Alarmmanagement). Die Einstellung der Periodendauer beziehungsweise des Abfragezyklus der Datenerhebung sollte frei wählbar sein und die Erfassungszeit unterschiedlicher Datensammler synchronisiert werden können.

↗ Alarmmanagement

Durch die Einrichtung automatisierter Alarme (Generierung von Nachrichten und deren Versand aus dem System) für die Kontrolle von Energieeffizienzkennzahlen einerseits und andererseits für die Kontrolle von Verbrauchsdaten und Lastgängen (Grenzalarme, Empfang von Lastgangdaten per E-Mail) wird eine Überwachungsfunktion bereitgestellt, mit der kritische Zustände im System automatisch an den jeweiligen Verantwortlichen gemeldet werden. Hier sollten auch Meldungen über Defekte im Zählersystem oder über ausbleibende, beziehungsweise unstimmige Daten integriert sein (Systemalarm). Die Generierung von Warnsignalen sollte durch mehrere eigens festgelegte Kennzahlen und entsprechende Soll-/Grenzwerte möglich sein, um verschiedene Eskalationsstufen zu

erzeugen (Anzeige bspw. im Ampelprinzip). Die Alarmauslöser sollten durch das System dauerhaft dokumentiert werden [93].

↗ Anzeige von Echtzeitdaten

Zudem sollten webbasierte Überwachungsfunktionen, beispielsweise in Form einer grafischen Übersicht von Echtzeitdaten in Diagrammen oder Zeigerbildern (Tacho) oder in Form einer Ampelfunktion (Betriebs-/Stör- und Alarmmeldevisualisierung) für die Anzeige von Unter- oder Überschreitungen selbst definierbarer Grenzwerte (Minimal- oder Maximalgrenzwerte) für jeden Energieparameter, möglich sein. Die Anzeige kann im Rahmen des digitalen Schwarzen Bretts erfolgen (siehe ↗ Digitales schwarzes Brett). Eine weitere Überwachungsfunktion ist die Erstellung von Lastprofilen für das Spitzenlastmanagement. Durch die Darstellung des Energieverbrauchs in Lastgängen können charakteristische Eigenschaften dessen erkannt werden und Maßnahmen abgeleitet werden.

↗ Datenbank

Die Archivierung energierelevanter Daten findet bestenfalls in einer flexiblen, sicheren und nachvollziehbaren, gut dokumentierten Datenbank statt, die sich mit Anlagen- und Produktionsdaten verknüpfen lässt. Innerhalb dieser Datenbank sollten die erfassten Daten gebündelt und langfristig verwaltet werden können. Die Datenbanken sollten möglichst individuell angelegt werden können. So sollte es beispielsweise möglich sein, eine Datenbank anzulegen, die den Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten nach der jeweiligen Produktcharge, dem jeweiligen Produkt und der jeweiligen Anlage aufschlüsselt. Beteiligte Energiemedien und die zu berechnenden Kennzahlen könnten den jeweiligen Datenerfassungspunkten zugeordnet werden [93].

↗ Systemschnittstelle

Die Daten sollten über verschiedene Schnittstellenformate anderen Programmen zur Be- und Weiterverarbeitung verfügbar gemacht werden. Das heißt, Energiedaten sollen durch die Möglichkeit erweiterbarer Schnittstellentechnologien mit Daten aus anderen Systemen (z.B. MES) vernetzt werden können [100].

↗ Datenverarbeitung

Unter diese Funktion fällt die Fähigkeit der Verarbeitung großer, schnell anwachsender Datenmengen und deren Strukturierung. Einfache Verarbeitungsschritte wie Visualisierung und Aggregation sowie komplexe Verarbeitungsschritte wie Simulationen und Prognosen sollten möglich sein.

Es lassen sich nach (Siemens AG, 2017) unterschiedliche Verarbeitungsstufen identifizieren:

1. Stufe: Vorverdichtung der Rohdaten

- Automatische Bildung von Verbrauchs- und Leistungsdaten aus Zählerwerten
- Rohdaten bekommen exakte Zeit- und Datumstempel
- Ausgabe mathematischer Größen, z.B. Minimum-, Maximum- und Mittelwerte in Bezug auf erhobene Messwerte

2. Stufe: Vorverarbeitung der Messwerte

- Verdichtung der Messwerte während des Imports in vordefinierte Verdichtungsstufen (z.B. Stundenwerte, Wochenwerte, Jahreswerte)
- Verschiedene Berechnungsfunktionen, Bereinigung durch Abhängigkeitsanalysen (z.B. Wirkungsgrad, Witterungsreinigung – Herausrechnen der unterschiedlichen Witterungsbedingungen an unterschiedlichen Standorten)

3. Stufe: Berechnung von Kennzahlen

- Objektorientierte und zeitunabhängige Berechnung von Kennzahlen auf Basis erfasster Messwerte, dadurch verursachergerechte Energiekostenaufteilung (z.B. Bildung von Kennwerten wie kWh/m²a)
- Zuordnung der Verbrauchswerte zu Kostenstellen

4. Stufe: Informationsverarbeitung und -darstellung in automatischem Berichtswesen

- Virtuelles energetisches Abbild der Produktion/numerische und graphische Aufbereitung der Daten, Darstellung in Tabellen, Diagrammen, Schaubildern (siehe ↗ Visualisierung)
- Bereitstellung von Reports (siehe ↗ Reporting) [93]

↗ Plausibilitätsprüfung

Die Software sollte in der Lage sein, erfasste Daten hinsichtlich ihrer Plausibilität/Konsistenz automatisch zu prüfen und auftretende Fehler zu erkennen. Bei fehlenden oder fehlerhaften Daten sollten Ersatzwertbildungen möglich sein. Bei einer mangelnden Datenqualität sollten Maßnahmen ableitbar sein [93].

↗ Reporting

Nach den erste drei Stufen der Datenverarbeitung stehen die aufbereiteten Daten für die Erstellung von Verbrauchsberichten zur Verfügung. Es sollten hier sowohl standardisierte Berichtsvorlagen zur Verfügung stehen, als auch die Möglichkeit der Erstellung kundenspezifischer Berichtsvarianten vorhanden sein. PDF-Dokumente oder andere Dateiformate sollten generiert werden können. Das Intervall der Berichtsausgabe sollte frei wählbar sein. Auch die Verteilung der Berichte per E-Mail sollte zu frei definierten Zeiten möglich sein.

↗ Visualisierung

Gewonnene Energiedaten können auf unterschiedliche Weise grafisch oder numerisch dargestellt werden. Je nach Datensatz und Fragestellung sollten hier Diagramme, Kurvendarstellungen, Schaubilder oder Tabellen zur Verfügung stehen. Die zeitliche Auflösung (z.B. 15-Min-, Tages-, Monatswerte) und verschiedene Wertedarstellungen (z.B. Leistungswerte, Verbrauchswerte, Kostenaufteilung) sollten frei wählbar sein. Für Diagramme gilt, dass ihr Format individuell anpassbar sein sollte. Es sollten verschiedene Diagrammtypen (z.B. Linien-, Kreis-, Punkt-, Balkendiagramme oder Sankey-Diagramme) und Lastgang- oder Jahresdauerlinien zur Verfügung stehen (siehe ↗ Sankey-Diagramme). Individuell definierte Grenzwerte sollten in Diagramme eingeblendet werden können. Eine vergleichende Darstellung verschiedener Datenserien kann den Vergleich zwischen Verbräuchen oder aufgewendeten Kosten erleichtern. Zudem kann eine Darstellung des Verbrauchs oder der Kosten in Schaubildern auf Objekt- und Verbraucherebene, für die in der Norm gefragten Identifizierung der wesentlichen Energieeinsatzbereiche, hilfreich sein. Hier könnte beispielsweise Funktion zum Einsatz kommen, mit der sich der Anwender durch unterschiedliche Ebenen bewegen kann.

↗ Monitoring Aktionsplan

Es sollte eine Möglichkeit geben, den Zielerreichungsgrad von Projekten individuell einzutragen. Im Rahmen einer Abfragefunktion sollte der Status der Projektumsetzung angezeigt werden können. Dies dient der Überwachung der Umsetzung der Aktionspläne.

↗ Monitoring Energieziele

Darüber hinaus sollte es möglich sein, den Stand der strategischen und operativen Energieziele (also die Wirksamkeit der Aktionspläne) zu verfolgen. Der Status der definierten Ziele sollte durch eine Anzeige der Soll- und Ist-Werte in definierbaren Zeitintervallen automatisch gemeldet werden oder dauerhaft im Web ablesbar sein. So kann der aktu-

elle Zielverfolgungsgrad der Energieziele kontinuierlich überwacht werden. Jede messbare Größe sollte individuell mit Warngrenzen ausgestattet werden können, sodass entsprechende Personen bei einer Überschreitung des Zielkorridors informiert werden. Je nach Alarmstufe sollten entsprechende Ampelfarben aktiviert werden. Auch eine Anzeige der Entwicklung des Zielerreichungsgrades der Vorperiode sollte zum Vergleich durch die Speicherung historischer Werte möglich sein.

Internes Managementaudit:

↗ Auditmanagement

Die Auditdurchführung sollte innerhalb der Software geplant werden können. Es sollte möglich sein, Verantwortlichkeiten und Termine beziehungsweise die Häufigkeit der Termine sowie zu auditierende Bereiche zu definieren. Eine Übersicht aller Auditoren sollte im System verankert werden können. Per E-Mail sollen die Auditteilnehmer automatisch an die Termine erinnert werden (siehe ↗ Terminplanung und -kontrolle).

↗ Energieaudit-Assistent

Der Auditierungsprozess kann im Rahmen einer Energieaudit-Assistenzfunktion organisiert und der zeitliche Aufwand somit gesenkt werden. Durch Audit- und Fragenkataloge kann der Ablauf der Auditierung geplant und Auditprozesse Schritt für Schritt durchgeführt werden. Der Einsatz einheitlicher Checklisten ermöglicht eine objektive Dokumentation der Ergebnisse (siehe ↗ Dokumentenvorlagen). Erforderliche Dokumente sollten unmittelbar abrufbar sein (siehe ↗ Review-Abruffunktion). Für die Erfassung der Ergebnisse kommen verschiedene Methoden in Frage. Eine Erfassungsmethode ist das handschriftliche Ausfüllen des Auditkataloges, der im Anschluss eingescannt und die Daten durch eine automatische Handschrifterkennung erfasst werden. Eine andere Möglichkeit ist die Erfassung der Daten über eine mobile Erfassungskomponente (Tablet, o.ä.) direkt in das System.

↗ Auditergebnisausgabe

Die Ergebnisse des Audits sollten in der Software automatisch berechnet, ausgewertet und visuell dargestellt werden können. Durch eine direkte Verbindung zum Maßnahmenkatalog können aus der Auditierung gewonnene Erkenntnisse bezüglich möglicher Maßnahmen zur Verbesserung direkt in die Maßnahmenliste aufgenommen werden (siehe ↗ Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion) [101]. Die Auditergebnisse sollten individuell in einem Bericht dargestellt, benutzerorientiert über das System kommuniziert und im Dokumentencenter abgelegt werden können (siehe ↗ Dokumentencenter).

Korrektur und Vorbeugung:

↗ Ursache-Wirkungs-Diagramme

Identifizierte Nicht-Konformitäten sollten für die systematische Untersuchung möglicher Einflussfaktoren in Form von Ursache-Wirkungs-Diagrammen (z.B. Ishikawa-Diagramme) graphisch dargestellt werden können. Vorlagen und Beispiele sowie Zeichen- und Textwerkzeuge sollen ihre Erstellung erleichtern.

↗ Wissensdatenbank

Für die Verwaltung von Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen sowie Energieeffizienzmaßnahmen eignet sich eine unternehmensweite Wissensdatenbank. Hier sollte festgehalten werden, welche Maßnahme mit welchem Hintergrund durchgeführt worden ist und welche Einsparpotenziale oder Verbesserungen damit erschlossen worden sind. Eine Filterfunktion nach Region, Unternehmensbereich, Investitionskosten, Projektstatus, o.ä. ist dabei sinnvoll, um einen einfachen Abruf zu gewährleisten. Best-Practice-Beispiele sollten hervorgehoben werden. Außerdem sollten festgestellte Nicht-Konformitäten und die entsprechenden durchgeführten oder durchzuführenden Korrekturmaßnahmen innerhalb einer Korrekturmaßnahmenliste (z.B. Wenn-Dann-Beschreibung operativer Prozesse) dokumentiert sein. Wie bei der Auditergebnisausgabe eignet sich auch hier eine Schnittstelle zum Maßnahmenkatalog, wobei hier der Handlungsbedarf über die Priorisierungsfunktion bewertet werden kann (Forderung nach ISO 50001, Kapitel 4.6.4 c) (siehe ↗ Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion).

5.2.4 Kontrollwerkzeuge für das Management

Für das Management-Review kommen mehrere Software-Werkzeuge, die im Rahmen der vorherigen Kapitel bereits ermittelt worden sind, in Frage. So kommt den Software-Funktionen im Rahmen des Internen Audits insbesondere für die Generierung des Management-Berichts eine hohe Bedeutung zu. Eine Review-Abruffunktion erleichtert es dem Management, alle erforderlichen Dokumente zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort zu haben.

Korrektur und Vorbeugung:

Die Verantwortlichen sollten zu einem festgelegten Zeitpunkt an das Management-Review erinnert werden (siehe ↗ Auditmanagement, ↗ Terminplanung und -kontrolle). Aufzeichnungen über das Management-Review können im Dokumentencenter abgelegt werden (siehe ↗ Dokumentencenter). Auch hier sollten für die Vermeidung fehlender

oder falscher Werte einheitliche Bewertungsvorlagen vorhanden sein. Innerhalb der Energieaudit-Assistenzfunktion eignet sich dafür eine separate Management-Review-Funktion (siehe ↗ [Dokumentenvorlagen](#), ↗ [Energieaudit-Assistent](#)).

Eingangsparameter:

↗ [Review-Abruffunktion](#)

Durch eine Abruffunktion sollten alle erforderlichen Dokumente automatisch an einen Ort gebracht werden. Die Eingangsparameter sollten frei generiert werden können. Dafür sollte eine Checkbox als Steuerelement zur Verfügung stehen, mit der das Management

- frühere Aufzeichnungen über das Management-Review aus dem Dokumentencenter (ISO 50001, Kapitel 4.7.2 a)) (siehe ↗ [Dokumentencenter](#));
- die aufbereiteten Daten aus der vierten Stufe der Datenverarbeitung (ISO 50001, Kapitel 4.7.2 c)) (siehe ↗ [Datenverarbeitung](#));
- Werte aus der Konformitätsbewertungsfunktion im Rahmen des Rechtsverzeichnisses (ISO 50001, Kapitel 4.7.2 d)) (siehe ↗ [Rechtsverzeichnis](#));
- den Status sowie den historischen Verlauf der Umsetzung der operativen und strategischen Energieziele (ISO 50001, 4.7.2 e)) (siehe ↗ [Monitoring Energieziele](#));
- die Ergebnisse interner Audits (ISO 50001, 4.7.2 f)) (siehe ↗ [Auditergebnis-ausgabe](#));
- den Status vorgenommener Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen (ISO 50001, Kap. 4.7.2 g)) (siehe ↗ [Monitoring-Aktionsplan](#));
- Werte aus den Verbrauchsprognoseberechnungen (ISO 50001, Kap. 4.7.2 h)) (siehe ↗ [Verbrauchsprognosen](#)) sowie
- die innerhalb des Ideenmanagement-Tools als umsetzbar und effizient bewerteten Verbesserungsvorschläge (ISO 50001, Kap. 4.7.2 i)) (siehe ↗ [Ideen-Management](#))

zunächst für die Überprüfung auf Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit abrufen kann und sich diese im nächsten Schritt innerhalb eines Berichts zusammengefasst und bewertet darstellen lassen kann. Die Energiepolitik, die nicht gezwungenermaßen eine messbare Größe darstellt, wird subjektiv und auf Basis der zuvor generierten Eingangsparameter auf ihre Einhaltung und Aktualität überprüft (ISO 50001, Kap. 4.7.2 b)).

Ergebnisse des Management-Reviews:

Die Ergebnisse des Management-Reviews sollen nun innerhalb einer Reporting-Funktion zusammengefasst dargestellt werden. Hervorgehoben werden hier insbesondere die im Normkapitel 4.7.3 a) bis e) geforderten Entscheidungen und Maßnahmen. Die Generierung der Berichte kann ebenfalls im Rahmen des Energieaudit-Assistenten beziehungsweise durch die anschließende Funktion der Auditergebnisausgabe stattfinden (siehe ↗ [Auditergebnisausgabe](#), ↗ [Dokumentencenter](#)). Das Management sollte im Rahmen des Maßnahmenmanagements unmittelbar Aufgaben unter Einbindung des Verantwortlichen und der jeweiligen Termine erstellen können (z.B. Überarbeitung von Dokument XY durch den Mitarbeiter X zum Zeitpunkt Y) (siehe ↗ [Maßnahmenmanagement](#)). Jegliche Änderungen, die am Managementsystem vorgenommen werden (z.B. Energiepolitik, Energieleistungskennzahlen, o.ä) sollten in der Software übernommen werden und über eine Meldefunktion oder über das digitale schwarze Brett an alle Mitarbeiter kommuniziert werden (siehe ↗ [Meldefunktion](#), ↗ [Digitales schwarzes Brett](#)).

5.3 Ausarbeitung des Kriterienkatalogs und Bewertung

Die Tabelle 7 zeigt die zuvor erhobenen detaillierten funktionellen Anforderungen sowie die Ergebnisse der Bewertung 20 ausgewählter EnMS-Softwareprodukte. Bewertet werden die in der Tabelle 5 dargestellten Softwareprodukte. Mindestkriterium für deren Auswahl war, dass das Softwareprodukt etabliert auf dem Markt angewendet wird und unter die Förderfähigkeit durch das BAFA fällt. Es wurden daher 20 Produkte gewählt, die nach Angaben der Anbieter (verzeichnet im Marktspiegel der EnergieAgentur.NRW) mehr als 20 Anwender in unterschiedlichen Bereichen haben [77].

Softwareprodukt	Anbieter
ABB cpmPlus Energy Manager	ABB Automation GmbH
ACRON 8.3	ViDEC GmbH Bochum
AENEA BOSS-Systeme V3.09	AENEA EnergieManagementSysteme GmbH
CMA32-OPC 10.3	Systech Systemtechnik
deZemVis 3.19.7	deZem GmbH
E.ON Energy Management SV2 1.17.1	E.ON Connecting Energies GmbH
é.VISOR Web 3.7	Limón GmbH
E3CON, Das Energie-Transparenz-System 2.3	Fritz Husemann GmbH & Co. KG
Econ 3	Econ solution GmbH
Efficio Version 1.10	Berg GmbH
e-Gem 5.1	FlowChief GmbH
EnEffCo® - Basic 2.1	ÖKOTEC Energiemanagement GmbH
Energinet	Cebyc GmbH
ENerGO+ 1.3.0	Berg Energiekontrollsysteme GmbH
EnergyScreen Vollversion	EnergyScreen GmbH

Ennovatis controlling 6.0	Ennovatis GmbH
FirstMeter 6.2	Klafka & Hinz EnergieConsult GbR
IngSoft InterWatt	Ingsoft GmbH
SIMATIC Energy Manager PRO V7.0	Siemens AG
Zenon 7.20	Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH

Tabelle 5: Liste der bewerteten Softwareprodukte und Anbieter

Die Bewertung erfolgt nach dem in der Tabelle 6 dargestellten Bewertungsschema. Für die Entscheidung wird sowohl der Marktspiegel der EnergieAgentur.NRW zur Hand genommen, als auch die Produktbeschreibungen der Anbieter oder deren Internetauftritt.

Kriterium			
vorhanden	teilweise vorhanden/ähnlich ausgeprägt vorhanden/möglicherweise vorhanden	nicht vorhanden	keine Angabe
x	()	-	

Tabelle 6: Bewertungsschema

In der Analyse mehrfach genannte Funktionalitäten (Funktion bietet sich beispielsweise sowohl im Energieplanungsprozess als auch im Rahmen der Einführung und Umsetzung an), werden im Rahmen des Kriterienkatalogs nur einmal aufgeführt. Die Bewertungsergebnisse sind qualitativer Art und werden im Kapitel 5.4 abschließend dargestellt.

[illegible]

Meldefunktion bei Aktualisie- rungsbedarf																				
Kennzahlenbildung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kennzahlensystem		X		X			X		X		X					X		X		
Berechnung der Energieziele	X	X	-	X	X	X	()	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X
Verwaltung der Energieziele																				X
Organigramm-Editor	()	-	()	()	()	()	()	()	()	()	-	()	()	()	()	-	()	()	()	-
Maßnahmenmanagement	X	X	()	()	X	()	()	()	()	X	-	()	()	()	X	()	X	X	X	()
Terminplanung und -kontrolle	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-
Personalplanung und -kontrolle	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X	-
Kostenplanung und -kontrolle	X	X	-	-	X	-	X	-	()	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Anforderungen Einführung und Umsetzung (DO)

Schulungsplanung																				
Qualifikationsmatrix																				
Digitales schwarzes Brett					()						X							X		X
Ideenmanagement																				
Forum																				
Kommentarfunktion																		X		X
EnMS-Handbuch																				
Dokumentencenter	X	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	X	X	-	X	-	X	X	X	-
Dokumentenvorlagen	()	-	-	-	-	-	()	-	-	()	-	()	()	-	()	-	()	()	()	-
Dokumentenhistorie	()	-	-	-	-	-	()	-	-	()	-	()	()	-	()	-	()	()	()	-
Anforderungskatalog																				

Anforderungen Überprüfung (CHECK)

Zählermanagement	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manuelle Datenerfassung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Automatische Datenerfassung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alarmmanagement	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anzeige von Echtzeitdaten	X	-	-	-	X	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Datenbank	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Systemschnittstelle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Datenverarbeitung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plausibilitätsprüfung	X	X	-	X	X	-	-	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Reporting	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Visualisierung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitoring Aktionsplan		X								X								X		X
Monitoring Energieziele										X		X		X		X		X		X
Auditmanagement																				
Energieaudit-Assistent																				
Auditergebnisausgabe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ursache-Wirkungs-Diagramme																				
Wissensdatenbank	X	X	-	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anforderungen Management-Bewertung (ACT)																				
Review-Abruffunktion																			()	

Tabelle 7: Gesamtübersicht der Anforderungen und ausgewählter Software-Lösungen

6 Schlussbetrachtungen

6.1 Auswertung der Bewertungsergebnisse

Zunächst wird deutlich, dass einige der ermittelten Anforderungen bereits von den am Markt befindlichen Energiemanagement-Softwarelösungen abgedeckt werden. Insbesondere bei Betrachtung der Überprüfungswerkzeuge fällt auf, dass die Funktionalitäten rund um die Energiedatenerfassung von nahezu allen Softwarelösungen erfüllt werden. Dadurch werden die in der DIN EN ISO 50001 gestellten Anforderungen (siehe Kapitel 4.3.1) ausreichend abgedeckt. Die Ergebnisse der Bewertung sind jedoch unter anderem darauf zurückzuführen, dass es sich bei den ausgewählten Softwareprodukten nicht konkret um EnMS-Softwarelösungen, sondern primär um Energiecontrolling-, Energiemonitoring oder Visualisierungssoftware für Energiedaten handelt.

Es zeigt sich, dass die erarbeiteten Funktionalitäten im Rahmen der Einführungs- und Umsetzungsphase, kaum in den Softwarelösungen vorhanden sind. Besonders die Funktionalitäten zur Einbindung der Mitarbeiter finden, bis auf teilweise vorhandene Dashboards (Digitales schwarzes Brett) oder Kommentarfunktionen, kaum Verankerung, wobei sie problemlos integriert werden könnten. Dasselbe gilt für die Funktionen im Rahmen der strukturierten Lenkung von Dokumenten. Zwar konnte anhand des Marktspiegels der EnergieAgentur.NRW festgestellt werden, dass einige Softwarelösungen Dokumentencenter integriert haben, es ist jedoch nach eigener Recherche nicht davon auszugehen, dass diese in der Form vorliegen, wie sie im Rahmen der vorherigen Analyse herausgearbeitet wurden.

Auch bei der Begutachtung des Bereichs der Energieplanung wird deutlich, dass dieser Teil des PDCA-Zyklus nicht im Vordergrund der Entwicklung von Softwareprodukten im Rahmen des Energiemanagements steht, obwohl er das Fundament eines zielorientierten Energiemanagementsystems darstellt. Es ist zwar anzumerken, dass einige der Funktionalitäten zwar teilweise oder in schwächer ausgeprägter Form angeboten werden. Deren Umsetzung könnte jedoch, wie beim Dokumentencenter, um einiges vertieft werden. Hier wird möglicherweise davon ausgegangen, dass die Schritte eher außerhalb des digitalen Bereichs stattfinden. Insbesondere aber im Rahmen der Verwaltung der Energieziele sowie des Monitorings von Energiezielen bieten sich softwaregestützte Verfahren an.

Die für die Management-Bewertung erarbeitete Funktion, alle erforderliche Dokumente, Aufzeichnungen, Berichte und relevanten Daten gebündelt an einen Ort zu bringen, ist vor dem Hintergrund der fehlenden Funktionalitäten, in denen diese zunächst generiert werden sollten, ebenfalls nicht vorhanden. Diese Funktion würde den zeitlichen Aufwand

für das Management jedoch sehr erleichtern und könnte einen lückenlosen Bewertungsprozess erlauben.

Besonders vor dem Hintergrund, dass einige Hersteller ihre Softwareprodukte als ganzheitlich unterstützend für den PDCA-Zyklus¹ beschreiben, zeigt sich, dass nicht alle Hersteller darüber informiert sind, welche einzelnen Prozesse in diesem Rahmen theoretisch eine Unterstützung finden könnten. Beim Vergleich der Produkte zeigt sich, dass sich die Lösungen von der Siemens AG, der Ingsoft GmbH und Berg GmbH etwas besser abschneiden. Nicht zuletzt ist dies jedoch auf die ausführlichen Produktbeschreibungen der Hersteller zurückzuführen.

Positiv hervorzuheben ist außerdem die weitestgehend etablierte Wissensdatenbank als auch der Maßnahmenkatalog zur Sammlung potenzieller Maßnahmen und das Maßnahmenmanagement, das jedoch in einigen Fällen weiterführend mit Monitoring-Tools ausgestattet werden sollte.

Zuletzt wurde bei der Bewertung festgestellt, dass die Angaben des Marktspiegels der EnergieAgentur.NRW teilweise nicht mit den Angaben der Produktblätter der Anbieter übereinstimmen. Dies ist möglicherweise darauf zurück zu führen, dass der Marktspiegel noch ältere Softwareversionen beachtet oder aber die Kriterien zu ungenau für eine klare Aussage seitens der Anbieter definiert sind. Um Unternehmen tatsächlich eine Hilfestellung durch die Bereitstellung eines Marktspiegels zu geben, sollten die Kriterien verständlicher formuliert und in Bezug auf deren Nutzen gesetzt werden

6.2 Fazit und Ausblick

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, am Markt verfügbare Softwarelösungen für das betriebliche Energiemanagement hinsichtlich ihres Integrationsgrades des PDCA-Zyklus¹ zu bewerten und eine Übersicht potenzieller Werkzeuge zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus sollte erarbeitet werden, weshalb eine Softwareunterstützung im Rahmen der Durchführung von EnMS-Prozessen eine Bedeutung spielt. Die in den vorangegangenen Kapiteln erarbeiteten Ergebnisse stellen die potenziellen Werkzeuge einer Anwendungssoftware für Energiemanagementsysteme dar. Die Werkzeuge decken den PDCA-Zyklus¹ im Rahmen der ISO 50001 vollständig ab. Dieses Referenzmodell könnte einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, eingeführte Energiemanagementsysteme lückenlos durchzusetzen. Im Verlauf der Bewertung hat sich jedoch gezeigt, dass das Referenzmodell im Vergleich zu den verfügbaren Softwarelösungen überdimensioniert ist und die Funktionalitäten sehr ambitioniert herausgearbeitet wurden. Nur teilweise sind die ermittelten Funktionen in den Softwareprodukten adaptiert. Ein solch umfassendes Produkt, in dem alle der aufgeführten Funktionen enthalten sind, ist derzeit nicht am Markt verfügbar.

Grundsätzlich lässt sich daher feststellen, dass die verfügbaren EnMS-Softwarelösungen nur einen Teilbereich des Energiemanagements abdecken und nicht konsequent und vollständig auf die Umsetzung eines EnMS nach der ISO 50001 abgestimmt sind.

Dennoch lassen sich auch mit den vorhandenen Werkzeugen bereits Erfolge erzielen. Die im Rahmen der Arbeit erarbeiteten Funktionalitäten stellen zum jetzigen Zeitpunkt also vielmehr nützliche Zusatzwerkzeuge, als zwingend notwendige Teile einer EnMS-Software dar. Sollten alle aufgeführten Funktionalitäten in einem EnMS-Softwareprodukt integriert werden, so käme es im wahrscheinlichen Fall zu Dopplungen in anderen Systemen. Besser geeignet sind möglicherweise Schnittstellen zu ebendiesen Systemen, wobei dennoch beachtet werden muss, dass die Bereitstellung entsprechender Funktionalitäten in einem geschlossenen System von Vorteil sein kann, da alle Daten an einem Ort und flexibel aufrufbar sind. Besser geeignet wären daher modulbasierte Speziallösungen, die je nach Bedarf um verschiedene Funktionen erweitert werden können.

Im Verlauf der Bewertung hat sich außerdem herausgestellt, dass die für die Bewertung herangezogenen EnMS-Softwarelösungen zu wenig vielfältig waren. Die Bewertung aller Softwareprodukte im Energiemanagementbereich könnte in einer weiteren Forschungsarbeit anhand des entwickelten Kriterienkataloges stattfinden. Nützlich wäre hierfür die Weiterentwicklung des Kriterienkataloges hin zu einer Bewertungsmethode, die es erlaubt, quantitative Ergebnisse auszugeben. Dazu müsste eine Methode entwickelt werden, durch die die Kriterien sinnvoll miteinander zu aggregieren wären. Eine weitere Aufgabe, die außerdem zu bewältigen wäre, wäre die Durchführung einer subjektiven Softwareevaluierungsmethode unter Einbeziehung von Benutzenden. Dies könnte hilfreich sein, um die Sinnmäßigkeit der erarbeiteten Software-Funktionalitäten zu ermitteln. Eine kriterienorientierte Softwareevaluation eignet sich hier nicht als alleinige Bewertungsgrundlage.

Sollten all diese Schritte durchgeführt werden, wäre es möglich abschließend eine eigene Art Marktspiegel für diesen Bereich zu entwickeln, mit dem Unternehmen Kaufentscheidungen, unter Berücksichtigung der für sie relevanten Faktoren, treffen könnten. Hier sollte Unternehmen ein Tool bereitgestellt werden, das ihre speziellen Bedürfnisse berücksichtigt. So wäre es beispielsweise denkbar, alle Funktionalitäten, kategorisiert nach dem PDCA-Zyklus der ISO 50001, in einer Checkliste bereitzustellen, anhand der die Unternehmen die für sie relevanten Funktionalitäten und Schwerpunkte auswählen könnten. Als Ergebnis sollen alle Softwareprodukte dargestellt werden, die diese Kriterien (zumindest teilweise) erfüllen. Hierbei würde es sich um eine Weiterentwicklung vorhandener Marktspiegel im Bereich Energiemanagement-Software handeln.

Literaturverzeichnis

- [1] DIN, Deutsches Institut für Normung e.V.: Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung. DIN EN ISO 50001:2011. Deutsche Fassung EN ISO 50001:2011.
- [2] Goebel, D. (2007): Betriebliches Energiemanagement. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften. Fachbereich Wirtschaftswissenschaften Universität Duisburg-Essen.
- [3] Posch, W. (2011): Ganzheitliches Energiemanagement für Industriebetriebe. 1. Aufl. Hg. v. U. Bauer, H. Biedermann und J. W. Wohinz. Montanuniversität Leoben.
- [4] Mattes, K.; Jäger, A.; Kelnhofer, A.; Gotsch, M. (2017): Energieeffizienz im Betriebsalltag. Chancen durch Energiemanagement und Qualifikation. Fraunhofer ISI (Mitteilungen aus der Erhebung: Modernisierung der Produktion, 70). Online verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/i/de/pi-mitteilungen/PI70_Energieeffizienz.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [5] VDI Richtlinie (2007): VDI 4602 Blatt 1 Energiemanagement - Begriffe.
- [6] Mansfeld, L.; Robers, D.; Spieler, A.; Holtze, S. (2011): Energieverbrauch erfolgreich steuern. Unter Mitarbeit von P. Russo, A. Quitt und V. Kortüm. Hg. v. Pricewaterhouse Coopers und Strasczeg Institute for Innovation and Entrepreneurship (SIIE) EBS Business School.
- [7] Schmitt, R.; Günther, S. (2014): Industrielles Energiemanagement. Tipps und Tricks zum Einstieg. Unter Mitarbeit von E. Permin, M. Große Böckmann und C. Hammers. München: Carl Hanser Verlag.
- [8] Kals, J. (2010): Betriebliches Energiemanagement. Eine Einführung. Unter Mitarbeit von T. Jonas und R. Vandewall. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.
- [9] Geilhausen, M. (2015): Kompakter Leitfaden für Energiemanager. Energiemanagementsysteme nach ISO 50001. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [10] Brüggemann, A. (2005): KfW-Befragung zu den Hemmnissen und Erfolgsfaktoren von Energieeffizienz in Unternehmen. Publikation der Volkswirtschaftlichen Abteilung. KfW Bankengruppe. Frankfurt am Main. Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Sonderpublikationen/Sonderpublikation.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

- [11] Pye, M.; McKane, A. (2000): Making a stronger case for industrial energy efficiency by quantifying non-energy benefits. In: *Resources, Conservation and Recycling* 28, S. 171–183. DOI: 10.1016/S0140-6701(00)96774-2.
- [12] Schlomann, B.; Eichhammer, W.; Rohde, C.; Kockat, J.; Becker, D.; Bürger, V. (2012): Kosten-/Nutzen-Analyse der Einführung marktorientierter Instrumente zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland. Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Fraunhofer ISI; Ecofys Germany GmbH; Öko-Institut e.V. Karlsruhe, Freiburg, Berlin.
- [13] Sekretariat der Klimarahmenkonvention mit Unterstützung des deutschen Umweltministeriums (Hg.) (1997): Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Online verfügbar unter <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [14] United Nations (2015): United Nations Framework Convention on Climate Change. Adoption of the Paris Agreement. COP 21. Paris. Online verfügbar unter <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [15] United Nations Environment Programm (UNEP) (2015): The Emission Gap Report 2015. Executive Summary. Nairobi. Online verfügbar unter http://uneplive.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_ES_English_Embargoed.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [16] Kahlenborn, W.; Knopf, J.; Richter, I. (2010): Energiemanagement als Erfolgsfaktor. International vergleichende Analyse von Energiemanagementnormen. Hg. v. Umweltbundesamt. adelphi research (UBA Texte, 53/2010). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4029.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [17] Energieeffizienzrichtlinie (25.10.2015): Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG.
- [18] European Commission: Europe 2020 Strategy. Europe 2020 in a nutshell. Online verfügbar unter <http://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators/>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [19] European Commission (2016): Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Brüssel. Online verfügbar

unter http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v16.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[20] Bundesamt für Wirtschaft und Energie (2014): Informationsportal Erneuerbare Energien. Europäischer Klima- und Energierahmen 2030. Online verfügbar unter http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/EU_Klima_Energierahmen/eu_klima_und_energierahmen.html, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[21] European Commission (2013): Guidance note on Directive 2012/27/EU on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EC, and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Article 8: Energy audits and energy management systems. Brüssel. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0447&from=EN>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[22] EDL-G: Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen. Energiedienstleistungsgesetz vom 4. November 2010 (BGBl. I S. 1483), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 8 des Gesetzes vom 17.02.2016 (BGBl. I S. 203). Online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/edl-g/EDL-G.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[23] Die Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[24] Die Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2007): Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin. Online verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/gesamtbericht_iekp.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[25] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Richtlinie für die Förderung von Energiemanagementsystemen. Vom 20. Dezember 2016. Hg. v. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Online verfügbar unter <http://www.tuev-sued.de/uploads/images/1486468364242822130425/richtlinie-foerderung-energiemanagementsysteme-20.12.2016.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[26] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Wie fördert das BMWi die Einführung eines Energiemanagements? Online verfügbar unter <http://www.deutschland-machts-efizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/FAQ/Energiemanagement/faq-energiemanagement-thema1-frage2.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[27] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2017): Energiemanagementsysteme. Online verfügbar unter http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energiemanagementsysteme/energiemanagementsysteme_node.html, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[28] EEG 2017: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien. Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S.1066), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17.07.2017 (BGBl. I S. 2532).

[29] Berliner ENERGIETAGE (2017): Fact-Sheets: Energiewende in Deutschland. Basisinformationen für die Besucherinnen und Besucher der Berliner ENERGIETAGE 2017. Online verfügbar unter https://www.energietag.de/fileadmin/user_upload/2017/Fact-Sheets/BET_2017_Fact-Sheets_Energiewende.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[30] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) 2017 der Bundesrepublik Deutschland. Gemäß Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz (2012/27/EU).

[31] StromStG (24.03.1999): Stromsteuergesetz vom 24. März 1999 (BGBl. I S. 378; 2000 I S. 147). Zuletzt geändert durch Artikel 19 Absatz 13 des Gesetzes vom 23. Dezember 2016 (BGBl. I S. 3234). Online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/StromStG.pdf>.

[32] EnergieStG (24.03.1999): Energiesteuergesetz vom 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1534; 2008 I S. 660, 1007). Zuletzt geändert durch Artikel 9 des Gesetzes vom 10. März 2017 (BGBl. I S. 420). Online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/energiestg/EnergieStG.pdf>.

[33] Papadopoulos, M. (2013): Energie- und Umweltmanagement gemäß Hohenheimer Modell nach EMAS und ISO 50001 - Stand 2013. Diplomarbeit. Fachgebiet Umweltmanagement Universität Hohenheim.

- [34] Deutsche Energie-Agentur (Dena) (2008): Umfrage zur Energieeffizienz bei Entscheidungsträgern aus Unternehmen in Industrie und Gewerbe. Initiative EnergieEffizienz. Online verfügbar unter <https://files.vogel.de/vogelonline/vogelonline/files/1936.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [35] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Themenseite Energieeffizienz. Was betrifft Unternehmen? Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/Energiewendekampagne/nape-gewerbe.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [36] International Organization for Standardization (2011): Win the energy challenge with ISO 50001. Genf. Online verfügbar unter http://www.ingsoft.de/upload/ISO_50001_energy_engl._1223.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [37] SME Engine (2009): Handbuch für Energiemanagement und Energiedienstleistung in KMU. Online verfügbar unter http://www.engine-sme.eu/uploads/media/Guidebook_de.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [38] Wecus, A. von; Weber, M.; Willeke, K. (2017): VDI ZRE Studie: Managementsysteme und das Management natürlicher Ressourcen. Online verfügbar unter https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/studien/VDI_ZRE_Studie_Managementsysteme_und_das_Management_natuerlicher_Ressourcen.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [39] Lung, T.; Füßel, H. (2014): Assessment of global megatrends — an update. Global megatrend 9: Increasingly severe consequence of climate change. Unter Mitarbeit von A. Jol und T. Ribeiro. European Environment Agency.
- [40] Sauer, A.; Weckmann, S.; Zimmermann, F. (2016): Softwarelösungen für das Energiemanagement von morgen. Eine vergleichende Studie. Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP, Universität Stuttgart. Online verfügbar unter http://www.eep.uni-stuttgart.de/publikationen/Studien/EMS_Studie/EMS-Studie.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [41] Mattes, K.; Jäger, A.; Kelnhofer, A.; Gotsch, M. (2017): Energieeffizienz im Betriebsalltag. Chancen durch Energiemanagement und Qualifikation. Fraunhofer ISI (Mitteilungen aus der Erhebung Modernisierung der Produktion, 70). Online verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/i/de/pi-mitteilungen/PI70_Energieeffizienz.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

- [42] Aquanto GmbH (2016): Agiles Energiemanagement im Digitalen Zeitalter. Online verfügbar unter <https://www.aquanto.de/news/agiles-energiemanagement-im-digitalen-zeitalter.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [43] Fink, S.; Gaßner, M.; Günther-Pomhoff, C.; Schaefer, H.; Münzer, T. (1997): Leitfaden für das betriebliche Energiemanagement. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Forschungsstelle für Energiewirtschaft; MKL Ingenieurgesellschaft mbH.
- [44] Nissen, U. (2014): Energiemanagementsysteme am Unternehmenswert ausrichten. Hg. v. R. Gleich (Der Controlling-Berater, Band 33: Energiecontrolling, 1. Aufl.; S.59-86).
- [45] Kahlenborn, W.; Kabisch, S.; Klein, J.; Richter, I.; Schürmann, S. (2012): Energiemanagementsysteme in der Praxis. ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3959.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [46] Gallien, C.; Posch, W. (2013): Betriebliches Energiemanagement – Analysen, Methoden und Bewertungsmodelle zur Effizienzsteigerung. In: *BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* 158 (7), S. 286–289. DOI: 10.1007/s00501-013-0156-6.
- [47] Wosnitza, F.; Hilgers, H. G. (2012): Energieeffizienz und Energiemanagement. Ein Überblick heutiger Möglichkeiten und Notwendigkeiten. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- [48] Hirzel, S.; Bender, O.; Kloos, H.; Laubach, M.; Sontag, B.; Walkötter, R. (2013): Innerbetriebliches Energiebenchmarking. Herausforderungen und Umsetzungen in der Praxis. White Paper. Unter Mitarbeit von M. Binder, C. Kausch, M. Grismajer und C. Rohde. Hg. v. Arbeitskreis "Innerbetriebliches Energiebenchmarking" der Effizienzfabrik - Innovationsplattform Ressourceneffizienz in der Produktion.
- [49] Bunse, K.; Vodicka, M.; Schönsleben, P.; Brühlhart, M.; Ernst, F. O. (2010): Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature. In: *Journal of Cleaner Production* 19, S. 667–679. DOI: 10.1016/j.jclepro.2010.11.011.
- [50] Hirzel, S.; Sontag, B.; Rohde, C. (2011): Betriebliches Energiemanagement in der industriellen Produktion. Kurzstudie. Fraunhofer ISI.
- [51] Gleich, R.; Schulze, M. (2014): Energiecontrolling. Konzeption und Umsetzung in der Praxis. In: *Controller Magazin* Juli/August 2014.

[52] Sangmeister, J. (2013): Managementinstrumente im Energiemanagement als Teil einer Softwarelösung. Hg. v. J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement, S.115-128).

[53] Rowley, E. (2017): Integration von Energiemanagementsystemen in andere Managementsysteme. Beitrag aus "Energieeffizienz". WEKA. Online verfügbar unter <https://www.weka.de/energie/integration-von-energiemanagementsystemen-in-andere-managementsysteme/?newsletter=en/i/ena/2017/KW21/01857953/integration-von-energiemanagementsystemen-in-andere-managementsysteme&chorid=01857953>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[54] International Organization for Standardization: The ISO Survey of Management System Standards Certifications 2015. Full results. ISO 50001 - Data per Country and Sector - 2011 to 2015. Online verfügbar unter <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1>, zuletzt geprüft am 03.09.2014.

[55] TENAG AG (2017): ISO 50003 bringt Veränderung im Energiemanagement. Online verfügbar unter <https://www.tenag.de/arbeitshilfen/iso-50003/>, zuletzt aktualisiert am 03.09.2017.

[56] Kammerlohr, W. (2017): Die ISO-50000er-Reihe für die Praxis erfolgreich nutzen. Beitrag aus "Energiemanagement". WEKA. Online verfügbar unter <https://www.weka.de/energie/die-iso-50000er-reihe-fuer-die-praxis-erfolgreich-nutzen/>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[57] Blesl, M.; Kessler, A. (2013): Energieeffizienz in der Industrie. 5. Aufl.: Springer Vieweg.

[58] Rowley, E. (2017): Aktionsplan. Der Motor des Energiemanagementsystems. Beitrag aus "Energieeffizienz". WEKA. Online verfügbar unter <https://www.weka.de/energie/aktionsplan-der-motor-des-energiemanagementsystems/?newsletter=en/i/ena/2017/KW21/01857953/aktionsplan-der-motor-des-energiemanagementsystems&chorid=01857953>, zuletzt aktualisiert am 03.09.2017.

[59] Lieback, U.; Buser, J.; Gnebner, D.; Binscheck, A. (2009): In 18 Schritten über 3 Stufen zum effizienten Energiemanagement nach ISO 50001. Ein Leitfaden. GUT Zertifizierungsgesellschaft für Managementsysteme mbH. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.ihk-krefeld.de/de/media/pdf/innovation/energie/gutcert-leitfaden-in-18-schritten-zum-effizienten-energiemanagement-nach-iso-50.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

- [60] Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH (o.A.): Energiemanagement-Handbuch. ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisation. Online verfügbar unter https://lena.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Sonstige_Webprojekte/Lena/Wirtschaft/allgemein/Handbuch_Endfassung.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [61] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2000): Betriebliche Energie- und Stoffstrommanagementsysteme. Methoden, Praxiserfahrungen, Software - eine Marktanalyse. 1. Aufl.
- [62] Worrell, E.; Laitner, J. A.; Ruth, M.; Finman, H. (2003): Productivity benefits of industrial energy efficiency measures. In: *Energy* 28, S. 1081–1098. DOI: 10.1016/S0360-5442(03)00091-4.
- [63] Meyer, A. (2013): Referenzmodell für eine branchenorientierte Energieeffizienzsoftware für KMU. Hg. v. J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement; S.11-19).
- [64] Schneider, M.; Weissenbach, K.; Wohlgemuth, V. (2014): EnergieNetz. Eine webbasierte, erweiterbare Open-Source-Software für das Energiemanagement in lernenden Energieeffizienz-Netzwerken. HTW Berlin; Modell Hohenlohe e.V.
- [65] Rößler, R.; Schlieter, H.; Esswein, W. (2013): Modellgestützte Dokumentation und Steuerung von Energiemanagementsystemen. In: *HMD- Praxis der Wirtschaftsinformatik* (50), S. 26–39.
- [66] Rößler, R. (2016): Modellgestützte Dokumentation und Integration von Managementsystemen. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. pol. Fakultät der Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Dresden.
- [67] Kappler, C. (2014): Energie und Kosten sparen mit einem IT-basierten Energiecontrollingsystem. Hg. v. R. Gleich. Freiburg, München. Haufe Lexware (Der Controlling-Berater, Band 33: Energiecontrolling, 1. Aufl.; S.225-242).
- [68] Kappler, C. (2014): Energie und Kosten sparen mit einem IT-basierten Energiecontrollingsystem. Hg. v. R. Gleich. Freiburg, München. Haufe Lexware (Der Controlling-Berater, Band 33: Energiecontrolling, 1. Aufl.; S.225-242).
- [69] Álvarez, I. (2013): Branchenorientierte und IT-gestützte Energieeffizienz und Benchmarking in KMU-Netzwerken. Hg. v. J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement; S.21-33).
- [70] Augenstein, E.; Lücke, S.; Schnellenpfeil, R.; Beilharz, D. (2012): Energiecontrolling in Großkälteanlagen. Konzeption und Umsetzung von Messtechnik und Software. In:

Kälte Klima Aktuell. Ausgabe Größkälte/2012, S. 34–43. Online verfügbar unter http://www.kka-online.info/artikel/kka_Energiecontrolling_in_Grosskaelteanlagen_1418793.html, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[71] Atcetera Gruppe (2016): *Manage Energy Guide*. Online verfügbar unter http://www.atcetera.de/fileadmin/Media/Download_Files/Atcetera_Energiecontrolling/manage_energy_guide_atcetera_DE_gruppe_2016.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[72] IngSoft GmbH (o.A.): *Die Lösung für software-basiertes Energiemanagement nach ISO 50001*. Ing Soft InterWatt. Eine Software-Lösung von IngSoft. Online verfügbar unter http://www.ingsoft.de/upload/150305_PI_InterWatt_A4_web_2421.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[73] InCaTec Solution (o.A.): *Axxerion. White Paper*. Online verfügbar unter <file:///C:/Users/Lea/Downloads/AXXERION-Software-energiemanagement.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[74] Biethahn, J.; Muksch, H.; Ruf, W. (2000): *Ganzheitliches Informationsmanagement - Band 1: Grundlagen*. 5. Aufl. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.

[75] Theis, S. (2014): *Energiedaten als Grundlage für das Energiecontrolling automatisiert erfassen*. Hg. v. R. Gleich. Freiburg, München. Haufe Lexware (Der Controlling-Berater, Band 33: Energiecontrolling, 1. Aufl.; S.243-256).

[76] Junker, H. (2013): *BUIS für den produktionsintegrierten Umweltschutz – Wunsch oder Wirklichkeit?* Hg. v. J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement; S.243-255).

[77] EnergieAgentur.NRW GmbH (2017): *EMS.marktspiegel. Marktspiegel für Energiemanagement-Software*. Online verfügbar unter https://energiertools.ea-nrw.de/tools/emsmarktspiegel/default.asp?site=ea&_ga=2.215939028.2138167329.1504545019-1101095594.1504545019, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[78] MES D.A.CH Verband (2013): *MES Marktspiegel "Energiemanagement"*. Online verfügbar unter <http://www.checkvision.de/upload/pdfs/548.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

[79] Putzinger, R. (2011): *IT-Management. Was Sie über wirksames IT-Management wissen müssen*. 1. Aufl. Wien: Facultas.wuv.

- [80] Wagner, K.-P. (2015): Ermittlung des Reifegrades von Informationstechnologie in kleinen und mittleren Unternehmen. Berlin: Pro Universitate Verlag im BWV.
- [81] Matzen, F. J.; Tesch, R. (Hg.) (2017): Industrielle Energiestrategie. Praxishandbuch für Entscheider des produzierenden Gewerbes. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [82] Süpke, D.; Heil, M. (2013): IT-Unterstützung für eine zukunftsorientierte Nachhaltigkeitsstrategie. Unter Mitarbeit von J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement; S.509-512).
- [83] Ritscher, W. (1988): Rechnerunterstützte Informationssysteme in der Qualitätssicherung. Hg. v. W. Masing. München, Wien (Handbuch der Qualitätssicherung. 2. Aufl., S.935-958).
- [84] Beckers, A.; Roenick, C. (2013): Software-Unterstützung zur Verbesserung der Energieeffizienz in Unternehmen. Hg. v. J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement; S.467-470).
- [85] Grabowski, K.; Hoheisel, M.; Melsheimer, J.; Naber, J. (2014): Kennzahlensystem zur Verbesserung der Energieeffizienz einführen. Hg. v. R. Gleich. Freiburg, München. Haufe Lexware (Der Controlling-Berater, Band 33: Energiecontrolling, 1. Aufl.; S.161-182).
- [86] DIN, Deutsches Institut für Normung e.V.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-11:2006). Deutsche Fassung EN 9241-110:2006.
- [87] DIN, Deutsches Institut für Normung e.V.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO 9241-11.2:2016). Deutsche Fassung EN 9241-110:2016.
- [88] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hg.) (2017): Energiemanagementsysteme. Merkblatt für Anträge nach der Richtlinie für die Förderung von Energiemanagementsystemen. Stand: 01.01.2017.
- [89] Müllers, P. (2014): Energiemanagement in Anlehnung an ISO 50001 in einem energieintensiven Unternehmen einführen. 1. Aufl. Hg. v. R. Gleich (Der Controlling-Berater, Band 33: Energiecontrolling, 1. Aufl.; S.139-160).
- [90] Stockinger, K. (1988): Datenfluss aus dem Feld. Hg. v. W. Masing. München, Wien (Handbuch der Qualitätssicherung. 2. Aufl.; S.569–584).

- [91] QUMsult GmbH & CO. KG Beratung und Software (o.A.): Rechtskataster PAUL für bindende Vorschriften. Webseite. Online verfügbar unter <https://qumsult.de/software/rechtskataster-paul/#>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [92] Regen, S. (2016): Energieflustransparenz durch Sankey-Diagramme. Beitrag aus "Energiemanagement". WEKA. Online verfügbar unter <https://www.weka.de/energie/energieflustransparenz-durch-sankey-diagramme/>, zuletzt geprüft am 04.09.2017.
- [93] Siemens AG (2017): SIMATIC Energy Manager PRO V7. Systembeschreibung. Energieeffizienz beginnt mit Transparenz (05/2017).
- [94] Springer Gabler Verlag (Hg.): Gabler Wirtschaftslexikon. Stichwort: Balanced Scorecard. Online verfügbar unter <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1856/balanced-scorecard-v7.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [95] Gesellschaft für operatives Controlling (o.A.): Balanced Scorecards. Webseite. Online verfügbar unter <http://www.gelo-controlling.de/controlling-software/balanced-scorecard.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [96] Peter Thielen, Technische und Betriebswirtschaftliche Industrieberatung: PETRA Personalentwicklung. Webseite. Online verfügbar unter <https://www.thielen.biz/schulungssoftware.htm>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [97] HCM CustomerManagement GmbH (o.A.): HCM Ideenmanagement. Webseite. Online verfügbar unter <http://www.hcm-ideenmanagement.com/>, zuletzt geprüft am 04.09.2017.
- [98] Simba Software (o.A.): Simba Dokumentencenter. Plattform für den elektronischen Datenaustausch. Webseite. Online verfügbar unter <http://www.simba.de/unternehmen/unt-rechnungswesen/unt-dokumentencenter>, zuletzt geprüft am 03.09.2017.
- [99] Messler, A.; Giesen, N. (2013): Ein Framework für eine unternehmensinterne nachhaltige Entwicklung. Am Beispiel von Lieferantenauswahl und Bewertung. Hg. v. J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement; S.513-518).
- [100] Wohlgemuth, V.; Ziep, T.; Krehahn, P.; Schiemann, L.: Entwicklung eines Open Source basierten Baukastens zur Identifikation von Ressourceneffizienzpotentialen in produzierenden KMU. Hg. v. J. Marx Gómez, C. Lang und V. Wohlgemuth (IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement; S.499-508).

[101] Cosmino AG (o.A.): AuditMan. Audits planen, durchführen und auswerten. Webseite. Online verfügbar unter http://www.cosmino.de/wp-content/uploads/Cosmino_AuditMan_de.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2017.

Anlagen

Anlage A: Zusammenfassung potenzieller Software-Werkzeuge zur Erfüllung der Anforderungen der ISO 50001

Anforderung	Norm-kapitel	Werkzeug	Beschreibung
Energieplanungsprozess			
Rechtliche Vorschriften und andere Anforderungen	4.4.2	Rechtsverzeichnis	Anlegen eines Rechtsverzeichnisses mit Konformitätsbewertungsfunktion
Energetische Bewertung	4.4.3	Geschäftsprozessmodellierung	Dokumentation der Bewertungsmethodik
	4.4.3 a)	Verwaltung unterschiedlicher Energiemedien	Abbildung der derzeitigen Energiequellen
	4.4.3 a)	Verwaltung von Energieverbrauchswerten	Vergleich historischer und aktueller Energiewerte
	4.4.3 b)	Struktureditor/Verbraucherverzeichnis	Abbildung der Energieverbrauchsstrukturen
	4.4.3 b)	Abbildung der Kostenstellenstruktur	Ermittlung des Personal mit wesentlichem Einfluss auf den Energieeinsatz
	4.4.3 b)	Prozesslandkarte	Identifikation der Prozesse mit wesentlichen Einfluss auf den Energieeinsatz mit Modellierung der Energieströme
	4.4.3 b)	Sankey-Diagramme	Identifikation der Prozesse mit wesentlichen Einfluss auf den Energieeinsatz mit Modellierung der Energieströme
	4.4.3 b)	Verbrauchsprognosen	Vorhersage und Planung des künftigen Energiebedarfs
	4.4.3 c)	Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion	Aufzeichnung möglicher Verbesserungsmaßnahmen

Energetische Ausgangsbasis	4.4.4	Verwaltung des Ausgangswerts und visuelle Darstellung	Erstellung der energetischen Ausgangsbasis als Referenzwert
	4.4.4	↗ <u>Sankey-Diagramme</u>	
	4.4.4	Meldefunktion bei Aktualisierungsbedarf	Anzeige des Aktualisierungsbedarfs
Energieleistungskennzahlen	4.4.5	Kennzahlenbildung	Definition der Kennzahlen und Verwaltung der mathematischen Funktionen
	4.4.5	Kennzahlensystem	Verwaltung der Kennzahlen
	4.4.5	↗ <u>Geschäftsprozessmodellierung</u>	Dokumentation der Methodik der Kennzahlenbildung und -ermittlung
Energieziele	4.4.6	Berechnung der Energieziele	Quantitative Methoden zur Berechnung strategischer Energieziele
	4.4.6	Verwaltung der Energieziele	Werkzeug für die Verwaltung operativer Energieziele (z.B. Balanced Scorecards)
Aktionspläne	4.4.6	Organigramm-Editor	Festlegung der Verantwortlichkeit und Aufbauorganisation des EnMS
	4.4.6	↗ <u>Geschäftsprozessmodellierung</u>	Verankerung der Ablauforganisation
	4.4.6	Maßnahmenmanagement	Allokation von Ressourcen für das Erreichen der operativen Ziele
	4.4.6	Terminplanung und -kontrolle	
	4.4.6	Personalplanung und -kontrolle	
	4.4.6	Kostenplanung und -kontrolle	
Einführung und Umsetzung			

Fähigkeiten, Schulung und Bewusstsein	4.5.2 a)	↗ <u>Geschäftsprozess-modellierung</u>	Kenntnis über die Abläufe des EnMS
	4.5.2 b)	↗ <u>Organigramm-Editor</u>	
	4.5.2 d)	↗ <u>Struktureditor/Verbraucherverzeichnis</u>	Kenntnis über den mitarbeiterspezifischen Einfluss auf den Energieverbrauch
		↗ <u>Prozesslandkarte</u>	
	4.5.2	Schulungsplanung	Definition des Schulungsbedarfs, Verwaltung der Schulungsinhalte, Ausstellen von Zertifikaten
	4.5.2	Qualifikationsmatrix	Ermittlung des Schulungsbedarfs
	4.5.2	Digitales schwarzes Brett	Mitteilung von Neuigkeiten zur Sensibilisierung der Mitarbeiter
Kommunikation	4.5.3	↗ <u>Reporting</u>	Berichterstattung an die Mitarbeiter zur Aufrechterhaltung der Motivation
	4.5.3	↗ <u>Monitoring Aktionsplan</u>	
	4.5.3	↗ <u>Monitoring Energieziele</u>	
	4.5.3	Ideenmanagement	Abgabe von Verbesserungsvorschlägen mit integrierter Bewertungsfunktion
	4.5.3	↗ <u>Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion</u>	Verankerung der Ideen im Maßnahmenkatalog
	4.5.3	Forum	Abgabe von Kommentaren
	4.5.3	Kommentarfunktion	

	4.5.3	↗ <u>Auditergebnis- ausgabe</u>	Generierung von Berichten für die externe Berichterstat- tung
	4.5.3	↗ <u>Reporting</u>	
Dokumentation	4.5.4	EnMS-Handbuch	Erstellung eines Handbuchs mit Suchfunktion
	4.5.4.1 d)	Dokumentencen- ter	Elektronischer Austausch und dauerhafte Speicherung sowie Verwaltung von Doku- menten
	4.5.4.1 e)		
	4.5.4.2	Dokumentenvor- lagen	Erstellung und Verwaltung von Vorlagen
	4.5.4.2	↗ <u>Geschäftspro- zessmodellierung</u>	Dokumentation der Methodik des Dokumentationsprozes- ses
	4.5.4.2	Dokumentenhis- torie	Archivierung und Kennzeich- nung von Revisionen
Ablauflenkung	4.5.5	↗ <u>Geschäftspro- zess-modellie- rung</u>	Verfahrensanweisungen
	4.5.5	↗ <u>Organigramm- Editor</u>	
	4.5.5	↗ <u>Prozessland- karten</u>	
Auslegung	4.5.6		Definition von Anforderungen unter Hinterlegung relevanter Dokumente
Beschaffung von Energie- dienstleistungen, Produk- ten, Einrichtungen und Energie	4.5.7	Anforderungskat- alog	
Überprüfung			
Überwachung, Messung und Analyse	4.6.1	↗ <u>Geschäftspro- zessmodellierung</u>	Dokumentation des Messpro- zesses
	4.6.1 a)	Zählermanage- ment	Verwaltung der Erfassungs- komponenten

	4.6.1 b)	↗ <u>Struktureditor</u>	Verankerung der Zählerstruktur
	4.6.1 c)	Manuelle Datenerfassung	Manuelle Eingabe von Verbrauchswerten
		↗ <u>Terminplanung und -kontrolle</u>	Generierung von Terminerinnerungen
		↗ <u>Personalplanung und -kontrolle</u>	Zuordnung der Verantwortlichkeiten
		Automatische Datenerfassung	Digitale Übertragung der Verbrauchswerte
		Alarmmanagement	Generierung von Alarmen durch das System
		Anzeige von Echtzeitdaten	Überwachung des aktuellen Verbrauchs
		↗ <u>Digitales schwarzes Brett</u>	Anzeige der Echtzeitdaten
		Datenbank	Verwaltung der Energiedaten
		Systemschnittstelle	Korrelation mit Produktionswerten o.ä.
		Datenverarbeitung	Verarbeitung gesammelter Daten
		Plausibilitätsprüfung	Automatische Fehlererkennung
		Reporting	Erstellung bedarfsgerechter Verbrauchsberichte
		Visualisierung	Visualisierung der Energiedaten
		↗ <u>Sankey-Diagramme</u>	
	4.6.1 d)	Monitoring Aktionsplan	Wirksamkeit der Aktionspläne
	4.6.1 d)	Monitoring Energieziele	Erreichung der Energieziele und Bewertung des aktuellen
	4.6.1 e)		

			Energieverbrauchs hinsichtlich des erwarteten Energieverbrauchs
Bewertung der Einhaltung rechtlicher Vorschriften und anderer Anforderungen	4.6.2	↗ <u>Rechtsverzeichnis</u>	Konformitätsbewertung
Interne Auditierung des EnMS	4.6.3	Auditmanagement	Energieauditplanung
	4.6.3	↗ <u>Terminplanung und -kontrolle</u>	
	4.6.3	Energieaudit-Assistent	Durchführung des Auditierungsprozesses
	4.6.3	↗ <u>Dokumentenvorlagen</u>	
	4.6.3	Auditergebnis-ausgabe	Automatische Berechnung, Auswertung und Kommunikation der Ergebnisse
	4.6.3	↗ <u>Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion</u>	Verankerung der Ergebnisse im Maßnahmenkatalog
	4.6.3	↗ <u>Dokumentencenter</u>	Ablage des Auditberichts
Nichtkonformitäten, Korrekturen, Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen	4.6.4	↗ <u>Ideenmanagement</u>	Sammlung potenzieller Maßnahmen unter Einbezug der Mitarbeiter
	4.6.4 a)	Ursache-Wirkungs-Diagramme	Untersuchung der Einflussfaktoren
	4.6.4 b)		
	4.6.4 c)	Wissensdatenbank	Sammlung potenzieller und durchgeführter Maßnahmen sowie deren Priorisierung
	4.6.4 d)	↗ <u>Maßnahmenkatalog mit Priorisierungsfunktion</u>	
	4.6.4 e)	↗ <u>Dokumentencenter</u>	Ablage von Aufzeichnungen

	4.6.4 f)	↗ <u>Energieaudit-Assistent</u>	Verankerung im Assistenten für folgende Auditierungen
Management-Bewertung			
Allgemeines	4.7.1	↗ <u>Auditmanagement</u>	Planung des Management-Reviews
	4.7.1	↗ <u>Terminplanung und -kontrolle</u>	
	4.7.1	↗ <u>Dokumenten-center</u>	Abruf erforderlicher Dokumente
	4.7.1	↗ <u>Dokumenten-vorlagen</u>	Durchführung des Management-Reviews
	4.7.1	↗ <u>Energieaudit-Assistenz</u>	
Eingangsparameter	4.7.2	Review-Abruf-funktion	Durchführung des Management-Reviews
	4.7.2 a)	↗ <u>Dokumenten-center</u>	Ergebnisse aus früheren Reviews
	4.7.2 c)	↗ <u>Datenverarbeitung</u>	Überprüfung der energie-bezogenen Leistung und der zugehörigen EnPIs
	4.7.2 d)	↗ <u>Rechtsver-zeichnung</u>	Konformitätsbewertung gesetzlicher Bestimmungen
	4.7.2 e)	↗ <u>Monitoring Energieziele</u>	Erreichungsgrad der Energieziele
	4.7.2 f)	↗ <u>Auditergebnis-ausgabe</u>	Ergebnisse interner Audits
	4.7.2 g)	↗ <u>Monitoring Aktionsplan</u>	Status von Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen
	4.7.2 h)	↗ <u>Verbrauchs-prognosen</u>	Vorhersage der energiebezo-genen Leistung

Ergebnisse			
	4.7.2 i)	↗ <u>Ideen-Management</u>	Verbesserungsempfehlungen
	4.7.3	↗ <u>Auditergebnis-ausgabe</u>	Management-Bericht
	4.7.3	↗ <u>Dokumenten-center</u>	Ablage der Ergebnisse des Management-Berichts
	4.7.3	↗ <u>Maßnahmen-management</u>	Generierung von Aufgaben
	4.7.3	↗ <u>Meldefunktion</u>	Kommunikation von Veränderungen am EnMS
	4.7.3	↗ <u>Digitales schwarzes Brett</u>	

Tabelle 8: Zusammenfassung potenzieller Software-Werkzeuge zur Erfüllung der Anforderungen der ISO 50001

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, 05.09.2017

Lea Kießling